

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **09-018272**

(43)Date of publication of application : **17.01.1997**

(51)Int.Cl. **H03H 9/145**

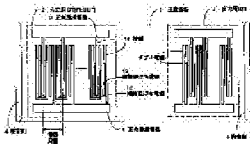
H03H 9/25

H03H 9/64

(21)Application number : **07-159401** (71)Applicant : **FUJITSU LTD**

(22)Date of filing : **26.06.1995** (72)Inventor : **TSUTSUMI JUN**
SATO YOSHIO

(54) **SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE**



(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the unidirectionality of a surface acoustic wave, to miniaturize the device, and to reduce the loss at the time of using an internal reflection type unidirectional IDT having a floating electrode with respect to the surface acoustic wave device.

CONSTITUTION: A piezoelectric substrate 1 and plural interdigital electrodes which have positive and negative exciting electrodes 11' for excitation and reception of the surface acoustic wave on the piezoelectric substrate are provided. Materials of the piezoelectric substrate 1 are X-112Y:LiTaO₃, and at least one interdigital electrode is the internal reflection type unidirectional interdigital electrode which excites the surface acoustic wave having unidirectionality, and the thickness of the electrode film of the internal reflection type unidirectional interdigital electrode is $\geq 0.4\%$ of the period λ of interdigital electrodes.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It has two or more blind-like electrodes which have the excitation electrode of the positive/negative for exciting or receiving surface acoustic waves on a piezo-electric substrate and a piezo-electric substrate. The ingredient of said piezo-electric substrate is $X-112^{\circ}Y:LiTaO_3$. At least one blind-like electrode Surface-acoustic-waves equipment characterized by being the internal reflection mold one direction nature blind electrode which excites the surface acoustic waves which have tropism on the other hand, and the thickness of the electrode layer of an internal reflection mold one direction nature blind electrode being 0.4% or more of the period λ of a blind-like electrode.

[Claim 2] The float electrode of the open sand mold to which said internal reflection mold one direction nature blind-like electrode is not connected electrically [the excitation electrode of positive/negative] to the excitation inter-electrode of the positive/negative, and the excitation electrode of positive/negative are surface-acoustic-waves equipment according to claim 1 with which it is characterized by having the float electrode of the short circuit mold with which it did not connect electrically but two float electrodes were short-circuited.

[Claim 3] Surface-acoustic-waves equipment according to claim 1 characterized by said internal reflection mold one direction nature blind-like electrode having the configuration whose two adjoining float electrodes have one float electrode

which is not electrically connected with the excitation electrode of the positive/negative, and short-circuited it in the location [center / of positive/negative / excitation inter-electrode] shifted.

[Claim 4] It has two or more blind-like electrodes which have the excitation electrode of the positive/negative for exciting or receiving surface acoustic waves on a piezo-electric substrate and a piezo-electric substrate. At least one blind-like electrode is excitation inter-electrode [of the positive/negative]. In the location which only one sixth of the distance of the period λ of an excitation electrode to a blind-like electrode left The excitation electrode of positive/negative is an internal reflection mold one direction nature blind electrode with the configuration whose two adjoining float electrodes have one float electrode which is not connected electrically, and short-circuited it. Furthermore, surface-acoustic-waves equipment with which line breadth of the excitation electrode of positive/negative is characterized by the line breadth of $\lambda/8$ or more, $\lambda/5$ or less, and said float electrode being $\lambda/12$ or less.

[Claim 5] The surface acoustic filter characterized for the above mentioned surface-acoustic-waves equipment according to claim 1 or 4 by one piece or having more than one.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the surface-acoustic-waves equipment which consists of internal reflection mold one direction nature IDT which has a float electrode about surface-acoustic-waves equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] The miniaturization of the electronic parts used for it is strongly demanded these days with the miniaturization of migration communication terminal machines, such as a land mobile radiotelephone and a cellular phone. For example, as components which constitute a splitter, instead of the derivative filter used conventionally, a surface acoustic filter comes to be used and it is contributing to the miniaturization of a terminal greatly.

[0003] However, size is still large, comparatively, with the surface acoustic filter of low frequency, in order [of dozens to 100 and dozens of MHz band] to attain the further miniaturization of a terminal, the miniaturization of a surface acoustic filter is called for, and low loss-ization is also demanded of coincidence. About attaining especially low loss-ization, it considered as the multi-electrode configuration which has arranged many input electrodes and output electrodes in the surface acoustic filter more than hundreds of MHz band conventionally, and the surface-acoustic-waves resonator was used.

[0004] Generally, if an electrical potential difference is applied, a surface acoustic filter forms IDT for an input (InterDigital Transducer), and IDT for an output in the front face of the piezo-electric substrate with which a substrate generates strain surface acoustic waves, and is considering them as the multi-electrode configuration which prepared two or more electrodes which consist of this IDT for an input, and IDT for an output on one piezo-electric substrate. Moreover, IDT consists of positive/negative excitation electrodes of the lot which has the branch

of the blind configuration which crossed mutually as shown in drawing 16 .

[0005] However, since it is in inverse proportion to a frequency, spacing, i.e., the electrode period, of a branch of this IDT, when the above-mentioned multi-electrode configuration is applied to the surface acoustic filter of dozens to hundreds of MHz band, it is difficult for it to become huge magnitude and to attain a miniaturization. [of a positive/negative excitation electrode] Moreover, in order to satisfy the demand of a miniaturization, it considers as the filter configuration of a simple 1 input 1 output transversal mold, and, on the other hand, the surface acoustic filter using tropism IDT which can reduce bidirection loss as IDT is proposed.

[0006] For example, the internal reflection mold one direction nature IDT which floats in positive/negative excitation inter-electrode and has an electrode is indicated by JP,60-236312,A. Since this does not need a phase circuit outside but moreover needs only one-time electrode layer membrane formation and patterning, it has the description that a production process is easy.

[0007] Moreover, it is the internal reflection mold one direction nature IDT in which two kinds, an open sand mold and a short circuit mold, exist as a float electrode, and it is larger than $\lambda/12$ (λ is the period of a blind-like electrode) in the line breadth of the float electrode of an open sand mold, line breadth of the float electrode of a short circuit mold is made narrower than $\lambda/12$, and the thing to which tropism was made to increase on the other hand is indicated by JP,3-133209,A.

[0008] Drawing 16 shows an example of the structure of the internal reflection mold one side tropism IDT (FEUDT: Floating Electrode type Unidirectional Transducer) which has the float electrode used conventionally. Here, IDT100 consists of the branch 102 of the positive/negative excitation electrode 101 and a positive/negative excitation electrode, a short circuit mold float electrode 103, and an open sand mold float electrode 104. 105 is, spacing, i.e., the electrode period, between branches.

[0009] Generally in IDT used conventionally [this], good 128-degree Y-X:LiNbO₃

which tropism tends to obtain on the other hand was used as an ingredient of a piezo-electric substrate, using aluminum, aluminum-Cu, Cu, etc. as an electrode material.

[0010] In order that this FEUDT may use the piezo-electric reaction of a float electrode, in order [being good] to take out tropism on the other hand, the effective thing is known to the substrate with which an electromechanical coupling coefficient K_2 essentially serves as a big value. This electromechanical coupling coefficient K_2 is one of the characteristic values of a piezo-electric substrate, and is a multiplier which shows the conversion efficiency in the case of changing an electrical signal into surface acoustic waves. Therefore, 128-degreeY-X:LiNbO₃ in which it has a comparatively big value of $K_2=5.5\%$ in any case is used for FEUDT used by invention shown in the above-mentioned official report as a substrate ingredient.

[0011] However, since the substrate using 128-degreeY-X:LiNbO₃ has the time delay temperature coefficient as large as -74 ppm/C° which is one characteristic value of a piezo-electric substrate, it is difficult for it to acquire the stable temperature characteristic. moreover -- the case where a narrow band filter with a good property is constituted since K_2 is large -- the electrode of the branch of IDT -- it is necessary to make [many] a logarithm and becomes disadvantageous for a miniaturization.

[0012] On the other hand, a time delay temperature coefficient is -18 ppm/C° , and X-112"Y:LiTaO₃ is known as a substrate ingredient in which the stable temperature characteristic is shown. K_2 is 0.76%, the thing using this substrate ingredient is small a figure single [about] compared with above mentioned 128-degreeY-X:LiNbO₃, and since it can realize a narrow-band with the small number of electrodes, it is fit for the miniaturization.

[0013] Furthermore, it is advantageous to becoming 3230 m/s in the thing of X-112"Y:LiTaO₃, and miniaturizing a narrow band filter to being 3960 m/s in the thing of 128-degreeY-X:LiNbO₃, also about the velocity of propagation of surface acoustic waves, since it is late. However, as described above, when K_2 is small,

in the internal reflection mold which has a float electrode like before, few low loss surface acoustic wave filter which only tropism is acquired on the other hand, but can be equal to practical use cannot be realized.

[0014] On the other hand, tropism is raised and this invention aims at the thing of surface acoustic waves for which stability, small, and low loss surface-acoustic-waves equipment are offered to practically applicable enough extent, when it is made in consideration of the above situations, $X-112''Y:LiTaO_3$ is used for the ingredient of a piezo-electric substrate and the internal reflection mold one direction nature IDT is used as IDT.

[0015]

[Means for Solving the Problem] This invention is equipped with two or more blind-like electrodes which have the excitation electrode of the positive/negative for exciting or receiving surface acoustic waves on a piezo-electric substrate and a piezo-electric substrate. The ingredient of said piezo-electric substrate is $X-112''Y:LiTaO_3$. At least one blind-like electrode The surface-acoustic-waves equipment characterized by being the internal reflection mold one direction nature blind electrode which excites the surface acoustic waves which have tropism on the other hand, and the thickness of the electrode layer of an internal reflection mold one direction nature blind electrode being 0.4% or more of the period λ of a blind-like electrode is offered.

[0016] You may make it have the float electrode of the short circuit mold with which the float electrode of the open sand mold which is not connected electrically and the excitation electrode of positive/negative were not electrically connected with the excitation electrode of positive/negative, but the internal reflection mold one direction nature blind-like electrode connected two float electrodes with the excitation inter-electrode of the positive/negative too hastily here.

[0017] Moreover, the thickness of the electrode layer of above mentioned all or some blind-like electrodes may constitute so that it may become 0.4% or more of the period λ of a blind-like electrode. Moreover, the ingredient of the

electrode layer of said blind-like electrode may use the alloy (for example, aluminum-1%Cu, aluminum-2% Cu) of aluminum and copper, gold, copper, titanium, etc., although aluminum is usually used.

[0018] Moreover, you may make it an internal reflection mold one direction nature blind-like electrode have the configuration whose two adjoining float electrodes have one float electrode which is not electrically connected with the excitation electrode of the positive/negative, and short-circuited it in the location [center / of positive/negative / excitation inter-electrode] shifted. Moreover, you may constitute as a surface acoustic filter, using the above surface-acoustic-waves equipments one or more.

[0019] Furthermore, this invention is equipped with two or more blind-like electrodes which have the excitation electrode of the positive/negative for exciting or receiving surface acoustic waves on a piezo-electric substrate and a piezo-electric substrate. At least one blind-like electrode is excitation inter-electrode [of the positive/negative]. In the location which only one sixth of the distance of the period λ of an excitation electrode to a blind-like electrode left The excitation electrode of positive/negative is an internal reflection mold one direction nature blind electrode with the configuration whose two adjoining float electrodes have one float electrode which is not connected electrically, and short-circuited it. Furthermore, the line breadth of the excitation electrode of positive/negative offers the surface-acoustic-waves equipment characterized by the line breadth of $\lambda/8$ or more, $\lambda/5$ or less, and said float electrode being $\lambda/12$ or less.

[0020] The ingredient of said piezo-electric substrate is $X-112\%Y:LiTaO_3$, and the ingredient of the electrode layer of said blind-like electrode is aluminum, and you may make it the thickness of the electrode layer of all or some of blind-like electrodes on a piezo-electric substrate become 0.4% or more of the wavelength λ of the surface acoustic waves with which only said internal reflection mold one direction nature blind electrode is excited further here.

[0021] When carrying out the ingredient of said blind-like electrode except

aluminum, moreover, the value which multiplied the thickness of an electrode layer by the specific gravity to the aluminum of the ingredient of the electrode layer of said blind-like electrode [whether it carries out to 0.4% or more of the wavelength λ of the surface acoustic waves excited, and] Or when the electrode layer of said blind-like electrode consists of two or more ingredients constituted in the shape of a layer, you may make it the numeric value which totaled the value which multiplied the thickness of each ingredient by the specific gravity to the aluminum of each ingredient become 0.4% or more of the wavelength λ of the surface acoustic waves excited. Moreover, a surface acoustic filter may be formed, combining surface-acoustic-waves equipment with such a configuration one or more.

[0022]

[Function] this invention -- getting twisted -- with a piezo-electric substrate made from X-112"Y:LiTaO₃ Since thickness of the internal reflection mold one direction nature blind electrode is made into 0.4% or more of the period λ of a blind-like electrode, using an internal reflection mold one direction nature blind electrode as a blind-like electrode which excites surface acoustic waves The one side tropism of surface acoustic waves can be increased, and stability, small, and low loss surface-acoustic-waves equipment can be offered.

[0023] Moreover, if thickness of an electrode is thickened as mentioned above even when an internal reflection mold one side tropism blind electrode is equipped with two kinds, an open sand mold float electrode and a short circuit mold float electrode, as a float electrode, or even when it has only the float electrode of a short circuit mold, whenever [directivity / of an internal reflection mold one side tropism blind electrode] can be raised.

[0024] Moreover, the float electrode of a short circuit mold sets to the internal reflection mold one direction nature blind electrode arranged in the location from which the distance of a center to center with the excitation electrode of positive/negative separated only one sixth of the distance of the period λ of a blind-like electrode. Since line breadth of the excitation electrode of

positive/negative is made into $\lambda/8$ or more and $\lambda/5$ or less and line breadth of the float electrode of a short circuit mold is made or less into $\lambda/12$, reduction of loss can be aimed at with the increment in whenever [said directivity].

[0025]

[Example] Hereafter, based on the example shown in drawing, this invention is explained in full detail. In addition, this invention is not limited by this.

[0026] Example 1: Structural drawing on the front face of a substrate in one example of this invention is shown in drawing 1 . The example in which 1 set of IDT(s) for an input and IDT for an output were formed on the piezo-electric substrate is shown in this drawing.

[0027] 1 is a piezo-electric substrate and X-112"Y:LiTaO₃ substrate is used for it by this invention. X-112"Y:LiTaO₃ substrate has the stable temperature characteristic, and since the value of the electric machine multiplier K₂ is also small, it is advantageous to the miniaturization of a narrow band filter. 2 can use the internal reflection mold one side tropism IDT (FEUDT) as been IDT for an input, for example, shown in drawing.

[0028] Generally, the surface acoustic waves excited from IDT for an input advance perpendicularly to the electrode of IDT. In drawing 1 , there are surface acoustic waves which advance to the left lateral, and surface acoustic waves which advance in the direction of right-hand side. FEUDT is IDT devised so that the surface acoustic waves which advance among 2-ways in the direction of right-hand side of an output side IDT, i.e., the direction, might increase if possible, and is IDT which has tropism on the other hand in this semantics. IDT of a double electrode mold as been IDT for an output, for example, shown in drawing can be used for 3. 4 is an acoustic material and is for controlling reflection of SAW in a piezo-electric substrate end face.

[0029] In IDT₂ for an input, 11 and 11' of a positive/negative excitation electrode and 12 is [a short circuit mold float electrode and 13] open sand mold float electrodes. Aluminum will be used as an ingredient of these electrodes here.

[0030] As shown in drawing, the positive/negative excitation electrode 11 and 11' are electrodes which counter, and at the predetermined fixed spacing, the branch 14 of a positive/negative excitation electrode attached them in the shape of a blind, and has come out of them. One pair of electrodes are constituted from a branch 14 from above, and a branch 14 from down, and, generally IDT consists of a branch of two or more logarithms. Spacing (it is hereafter called an electrode period) of this branch 14 is made almost equal to the wavelength λ of the surface acoustic waves which are excited most strongly. For example, using X-112"Y:LiTaO₃ substrate whose velocity of propagation of surface acoustic waves is 3230m/s, when a center of filter frequency is 40MHz further, wavelength λ is 80.75 micrometers and an electrode period also makes it the almost same die length.

[0031] Moreover, all line breadth of the positive/negative excitation electrode 11 of IDT (FEUDT) for an input, 11', and the short circuit mold float electrode 12 and the open sand mold float electrode 13 is made equal to $\lambda/12$. Furthermore, when an electrode material is aluminum, let thickness of all the electrode layers of IDT for an input be 0.4% or more of thickness of the wavelength λ of surface acoustic waves. For example, the thickness of aluminum may be 0.328 micrometers or more at the time of the period of $\lambda = 82$ micrometers of a blind-like electrode. moreover -- the example of drawing 1 -- an electrode period - the electrode of 82 micrometers and Input IDT -- a logarithm -- the electrode of 20 pairs and IDT for an output -- a logarithm is made into 28 pairs.

[0032] The perspective view of one another example of IDT (FEUDT) for an input of this invention is shown in drawing 2 . H shows thickness here, W_e is the line breadth of a positive/negative excitation electrode, and W_f is the line breadth of a short circuit mold float electrode. In FEUDT in drawing 1 , it is considering as $W_e = W_f$.

[0033] Next, being improved when [of the surface-acoustic-waves equipment of this invention] tropism thickens thickness of an electrode layer on the other hand is shown. In order [this] to measure the property of tropism on the other hand,

the measurement sample shown in drawing 3 was used. This measured the loss difference when the double electrode mold IDT of both sides receives the surface acoustic waves which arrange IDT of the double electrode mold which is Bidirection IDT on IDT (FEUDT) for an input, and its both sides, and are excited by the central part from IDT for an input at them on X-112"Y:LiTaO₃ substrate. [0034] Here, the direction I want the surface acoustic waves excited from FEUDT to advance will be called the forward direction, and the direction which I do not want to advance will be called hard flow. Moreover, the numeric value which lengthened the loss in the double electrode mold IDT which exists in hard flow from the loss in the double electrode mold IDT which sees from FEUDT and exists in the forward direction can be said to be good [whenever / directivity / of FEUDT], so that whenever [directivity], a call, and this numeric value are large. Measurement of whenever [this directivity] was performed by changing the electrode layer thickness of IDT for an input of the measurement sample of drawing 3 .

[0035] Drawing 4 and drawing 5 are the property Figs. of frequency-loss of FEUDT at the time of using aluminum for an electrode. Drawing 4 is a property Fig. at the time of setting thickness of the electrode layer of aluminum to 0.1λ , and drawing 5 is a property Fig. at the time of setting thickness to 0.4λ . An axis of abscissa shows the frequency (MHz) of surface acoustic waves, and an axis of ordinate shows loss (dB).

[0036] Drawing 4 (a) and drawing 5 (a) show loss, the direction, i.e., the forward direction, which excites the surface acoustic waves of FEUDT, and drawing 4 (b) and drawing 5 (b) show loss of the direction which is not excited, i.e., hard flow. When (b) is compared with drawing 4 (a), compared with hard flow, it turns out that loss has less forward direction about 3.37dB. That is, when the thickness of the electrode layer of aluminum is 0.1λ , it can be said that whenever [directivity] is 3.37dB.

[0037] Similarly, when (b) is compared with drawing 5 (a) and the thickness of the electrode layer of aluminum is 0.4λ , it can be said that whenever

[directivity] is 4.10dB. Therefore, when an electrode layer is aluminum, it turns out that whenever [directivity] becomes [the direction which thickness thickened with 0.4λ rather than the thing of 0.1λ] good.

[0038] The graph of the relation of whenever [thickness / of an electrode layer / and directivity / of IDT for an input] is shown in drawing 6 . An axis of abscissa shows the electrode layer thickness standardized on wavelength λ , and the axis of ordinate shows whenever [directivity]. In FEUDT which has only the float electrode of a short circuit mold, the graph A of drawing 6 shows the change in FEUDT in which Graph B has two sorts of float electrodes, a short circuit mold and an open sand mold.

[0039] according to drawing 6 -- Graphs A and B -- when the electrode layer thickness of an axis of abscissa is made to increase in both cases, it turns out that whenever [directivity] is increasing. For example, in Graph A, when thickness is 0.12λ and 3.3dB and thickness are 0.4λ whenever [directivity], whenever [directivity] is set to 4dB and whenever [directivity] is improved for the direction which thickened thickness. Moreover, whenever [directivity] tends to be saturated, and is whenever [directivity / of about 4dB or more] more than 0.4λ , and the effectiveness of having thickened thickness is acquired as electrode layer thickness is made to increase. It is good to make thickness into the thickness more than 1λ still more preferably especially. Moreover, according to the graph of drawing 6 , if it is the thickness more than 0.4λ , since whenever [good directivity] is obtained, it is not necessary to specify especially a upper limit but, and from upper viewpoint, it is desirable that it is several micrometers or less.

[0040] From the above thing, by making thickness of the electrode layer of FEUDT into the thickness more than 0.4λ , on the other hand, it is improvable even to practically sufficient extent of the surface acoustic waves at the time of forming FEUDT using X-112"Y:LiTaO₃ substrate, and tropism has the stable temperature characteristic and can offer low loss surface-acoustic-waves equipment.

[0041] In addition, although [the example of drawing 1] aluminum is used as an electrode material, the alloy (aluminum-1%Cu, aluminum-2% Cu) of aluminum and copper, copper, gold, titanium, etc. can also be used.

[0042] Moreover, when electrode materials other than aluminum are used in this way and specific gravity [as opposed to the aluminum of h and its electrode material for electrode layer thickness] is set to m , electrode layer thickness is set up so that it may be set to $hxm \geq 0.4\lambda$. For example, when copper is used as an electrode material, as for the copper thickness h , it is desirable at the time of the electrode period of $\lambda = 82$ micrometers that it is more than 0.12 micrometer (120nm). The specific gravity to copper aluminum is 2.73 here.

[0043] Moreover, you may form as the layer structure which combined two or more ingredients as an electrode material. In this case, what is necessary is to calculate hxm , and just to set up each electrode layer thickness for two or more of those ingredients of every, so that that sum total may become 0.4% or more. For example, when forming aluminum and copper in the shape of a layer, at the time of $\lambda = 82$ micrometers, thickness of aluminum can be set to 50nm and copper thickness can be set to 600nm. Moreover, although the example in which 1 set of IDT(s) for an input and IDT for an output were formed was shown in drawing 1 , two or more IDT(s) may be formed on one piezo-electric substrate.

[0044] As an ingredient of an electrode layer, Cu600nm and aluminum-1%Cu50nm (aluminum conversion and 2λ) are used for drawing 7 , and the frequency-loss property Fig. of an example using what formed these in the shape of a layer is shown in it. When (b) is compared with (a) of drawing 7 , it turns out that whenever [directivity] is 4.02dB. Therefore, when aluminum conversion are carried out even when an electrode layer is constituted using two or more ingredients, and thickness is made quite thick like 2λ , whenever [directivity / of FEUDT] can say that a good value is shown. In addition, although the example shown above showed the example in which 1 set of IDT(s) for an input and IDT for an output were formed, two or more IDT(s) may be formed on one piezo-electric substrate.

[0045] Generally, a surface acoustic filter is constituted, using IDT for an input like drawing 1 , and IDT for an output two or more. Moreover, a surface acoustic filter is used as components which constitute the splitter of small personal digital assistants, such as a portable telephone. Therefore, if a surface acoustic filter is constituted using the surface-acoustic-waves equipment of this invention as shown in drawing 1 as a basic component, a surface acoustic filter and a small personal digital assistant with a smaller and good loss property can be offered.

[0046] Moreover, although the example using FEUDT as IDT for an input was shown, a surface acoustic filter is constituted using two or more IDT(s), when aluminum is used for an electrode layer, FEUDT of this invention is applied to all IDT(s), and it is good also considering the thickness of the electrode layer of IDT as 0.4λ . Moreover, also in IDT for an input or IDT for an output which has not adopted FEUDT, it is good also considering the thickness of that aluminum electrode layer as 0.4λ like this invention.

[0047] The example in the case of the surface-acoustic-waves equipment which has the structure which removed the float electrode of an open sand mold from FEUDT of example 2: next drawing 1 , or drawing 2 is shown in drawing 8 . Here, also in FEUDT which has only the float electrode of a short circuit mold as a float electrode, it is shown like the above-mentioned example that whenever [directivity] etc. is improved.

[0048] Like drawing 1 , the surface acoustic waves whose center frequency is 40MHz are excited, and what formed Cu and aluminum-1% Cu in the shape of a layer as an electrode layer is used, using X-112"Y:LiTaO₃ as a piezo-electric substrate. Moreover, both line breadth (W_e , W_f) of the positive/negative excitation electrode 11, 11', and the short circuit mold float electrode 12 is made into $\lambda/12$. Furthermore, 600nm and aluminum-1% Cu of thickness of an electrode layer is set to 50nm, and Cu makes it use the thing of 2λ by aluminum conversion. In addition, what is necessary is not to limit to 2λ as thickness, as the example 1 also showed, and just to use the thing more than 0.4λ extent by aluminum conversion.

[0049] The frequency-loss property Fig. of FEUDT which has the above structures in drawing 9 is shown. Moreover, the frequency-loss property Fig. of FEUDT which made thickness thin is shown in drawing 10 for a comparison. At drawing 10, the electrode layer used the 100nm (aluminum conversion and 0.12λ) thing at aluminum-1% Cu.

[0050] First, when (b) was compared with drawing 9 (a), in near 40MHz, loss had less forward direction about 4.8dB. Therefore, it can say that whenever [directivity] is about 4.8dB. Moreover, in drawing 10, whenever [directivity] was about 3.3dB. By the above thing, although the thickness shown in drawing 9 is thick, the direction can say that about 1.5dB of whenever [directivity] is good.

[0051] Furthermore, in the case of the forward direction which is shown to loss being about 8.75dB at drawing 10 (a) in near 40MHz in the case of the forward direction shown in drawing 9 (a), loss was about 10.45dB. Therefore, although the thickness shown in drawing 9 is thick, it turns out that loss is reduced for the direction by 1.7dB.

[0052] As mentioned above, even when it has a short circuit mold float electrode as FEUDT and does not have the open sand mold float electrode, on the other hand, tropism and loss can be improved like an example 1 by thickening thickness of an electrode layer. In addition, like an example 1, when a surface acoustic filter consists of two or more IDT(s), only FEUDT is good also considering the thickness of the aluminum electrode layer of all IDT or a part of IDT(s) as more than 0.4λ .

[0053] The example at the time of changing the line breadth of example 3:, next the excitation electrode of the positive/negative in FEUDT and the line breadth of a short circuit mold float electrode is described. Here, when line breadth of the excitation electrode of positive/negative is made thick and line breadth of a short circuit mold float electrode is made thin, it is shown that an insertion loss can be reduced.

[0054] First, the relation between the line breadth of the electrode of FEUDT, and whenever [directivity], and an insertion loss is described as a generality. The

situation of change of whenever [by change of line breadth / directivity] was measured using the measurement sample shown in above mentioned drawing 3 . Here, X-112"Y:LiTaO₃ was used as a piezo-electric substrate. Moreover, as central FEUDT, the float electrode of an open sand mold was removed and the thing equipped with the float electrode of a short circuit mold was used. Moreover, the line breadth of the positive/negative excitation electrode of central FEUDT was fixed to $\lambda/12$, the line breadth of a short circuit mold float electrode was changed, and measurement of whenever [directivity] was performed.

[0055] The graph of change of whenever [over the line breadth of a short circuit mold float electrode / directivity] is shown in drawing 11 . According to this drawing, it turns out about by $\lambda/8$ to $\lambda/6$ with the larger line breadth of a short circuit mold float electrode than $\lambda/12$ that it becomes max whenever [directivity]. Although whenever [directivity] improved by optimizing the line breadth of a float electrode, this was known from the former.

[0056] The graph of change of the insertion loss of the forward direction of FEUDT to the line breadth of a short circuit mold float electrode is shown in drawing 12 . According to this drawing, it turns out that the insertion loss of the forward direction tends to increase as the line breadth of a short circuit mold float electrode increases.

[0057] Therefore, although whenever [big directivity] is obtained from drawing 11 and the measurement result of drawing 12 by making line breadth of the float electrode of a short circuit mold to some extent thick, it turns out that the propagation loss of surface acoustic waves increases as a side effect of having made line breadth of a float electrode thick, and an insertion loss increases by making a float electrode thick substantially.

[0058] Next, whenever [at the time of changing the line breadth of the positive/negative excitation electrode of FEUDT / directivity], and the measurement result of an insertion loss are shown in drawing 13 and drawing 14 , respectively. According to drawing 13 , whenever [directivity] serves as [the line breadth of a positive/negative excitation electrode] max near $\lambda/8$ to

$\lambda/5$. According to drawing 14, an insertion loss serves as [the line breadth of a positive/negative excitation electrode] min near $\lambda/8$ to $\lambda/5$. The above shows [which were shown in drawing 11 and drawing 12] that it floats, and there is no increment in a side-effect-propagation loss unlike change of the line breadth of an electrode, and an insertion loss can be substantially reduced, when line breadth of the excitation electrode of positive/negative is set to $\lambda/8$ to $\lambda/5$ [thicker than $\lambda/12$].

[0059] FEUDT which has the following configurations in consideration of the above point was created. That is, in FEUDT shown in drawing 8, line breadth W_e of a positive/negative excitation electrode is made into $\lambda/5$, and line breadth W_f of a short circuit mold float electrode is made into $\lambda/12$.

Moreover, the short circuit mold float electrode 12 is arranged so that the core of a short circuit mold float electrode may come to the location distant from the core of the branch 14 of a positive/negative excitation electrode only one sixth of the wavelength λ of the surface acoustic waves in an electrode period, i.e., a center of filter frequency.

[0060] Drawing 8 shows the configuration which has arranged the short circuit mold float electrode in the location whose distance of a center to center with an excitation electrode is $\lambda/6$ on the right-hand side of the positive/negative excitation electrode 11 and 11'. The thickness may be 50nm / 580nm / 50nm, using aluminum-1%Cu/Cu/aluminum-1% Cu of three layer membranes as an electrode layer.

[0061] The frequency-loss property of FEUDT in this example 3 that has the above configurations in drawing 15 is shown. In drawing 15, the insertion loss of the forward direction was about 7.9dB, and whenever [directivity] was about 4.9dB. Therefore, as compared with the example 2 (drawing 11) which set line breadth of a positive/negative excitation electrode and a float electrode to the $\lambda/12$ [same], it turns out like an example 3 that the direction which changed line breadth has improved whenever [insertion-loss and directivity].

[0062] By the above thing, by making line breadth of a positive/negative

excitation electrode about into $\lambda/8$ to $\lambda/5$ [thicker than the line breadth ($\lambda/12$) of the float electrode of a short circuit mold], whenever [directivity / of FEUDT] can be improved and the loss as surface-acoustic-waves equipment can also be improved.

[0063] In addition, line breadth W_f of a short circuit mold float electrode may be made smaller than $\lambda/12$. Even if it makes this smaller than $\lambda/12$, it is because there is nothing of FEUDT for which properties, such as tropism, are almost affected on the other hand. Moreover, as a piezo-electric substrate 1, like said examples 1 and 2, although $X-112''Y:LiTaO_3$ was used, it is not necessary to restrict to this in this example 3, and is sufficient, other substrate ingredients 3, for example, 128-degree $Y-X:LiNbO_3$.

[0064] Furthermore, as shown in examples 1 and 2, when using aluminum as an electrode layer When using ingredients other than aluminum more than 0.4λ , the thickness H of FEUDT When a ***** value combines further two or more ingredients with the electrode layer thickness H for the specific gravity to aluminum in the shape of a layer more than 0.4λ It is desirable to set up the thickness of an electrode layer so that the value which totaled all ***** values may become the thickness of each ingredient other than aluminum more than with 0.4λ about the specific gravity to aluminum.

[0065] Moreover, also in an example 3, when a surface acoustic filter consists of two or more IDT(s), only FEUDT is good also considering the thickness of the aluminum electrode layer of all IDT or a part of IDT(s) as more than 0.4λ . In this case, what is necessary is just to use what carried out the aluminum conversion of each thickness, as described above when the ingredient of an electrode layer is except aluminum.

[0066]

[Effect of the Invention] Since according to this invention $X-112''Y:LiTaO_3$ is used for a piezo-electric substrate, an internal reflection one side tropism blind electrode is used for the blind-like electrode which excites surface acoustic waves and thickness of an internal reflection one side tropism blind electrode is

made into 0.4% or more of the wavelength λ of surface acoustic waves, the one side tropism of surface acoustic waves can be raised even to practically sufficient extent, and stability, small, and low loss surface-acoustic-waves equipment can be offered.

[0067] Furthermore, since it floats, line breadth of the excitation electrode of positive/negative is made into $\lambda/8$ or more and $\lambda/5$ or less [thicker than the line breadth of an electrode] and line breadth of a float electrode is made or less into $\lambda/12$, reduction of loss can be aimed at with improvement in the aforementioned one side tropism.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of one example of the surface-acoustic-waves equipment of this invention.

[Drawing 2] It is the perspective view of one example of FEUDT of this invention.

[Drawing 3] It is the block diagram of the sample for measurement of whenever [directivity / of FEUDT of this invention].

[Drawing 4] It is the frequency-loss property Fig. of FEUDT (thickness:

0.1% λ) in the example 1 of this invention.

[Drawing 5] It is the frequency-loss property Fig. of FEUDT (thickness: 0.4% λ) in the example 1 of this invention.

[Drawing 6] It is the graph which shows the relation between the standardization electrode layer thickness in the example 1 of this invention, and whenever [directivity].

[Drawing 7] In the example 1 of this invention, it is a frequency-loss property Fig. in case an electrode layer is Cu+aluminum-1% Cu.

[Drawing 8] It is the perspective view of one example of FEUDT of the example 2 of this invention.

[Drawing 9] It is the frequency-loss property Fig. (Cu+aluminum-1% Cu) of FEUDT in the case of the example 2 of this invention.

[Drawing 10] It is the frequency-loss property Fig. (aluminum-1% Cu) of FEUDT in the case of the example 2 of this invention.

[Drawing 11] In the example 3 of this invention, it is the graph which shows the relation of whenever [standardization float electrode width-of-face and directivity].

[Drawing 12] In the example 3 of this invention, it is the graph which shows the relation between standardization float electrode width of face and an insertion loss.

[Drawing 13] In the example 3 of this invention, it is the graph which shows the relation of whenever [standardization excitation electrode width-of-face and directivity].

[Drawing 14] In the example 3 of this invention, it is the graph which shows the relation between standardization excitation electrode width of face and an insertion loss.

[Drawing 15] It is the frequency-loss property Fig. of FEUDT in the example 3 of this invention.

[Drawing 16] It is the block diagram of the internal reflection mold one direction nature blind electrode in the former.

[Description of Notations]

1 Piezo-electric Substrate

2 IDT for Input (FEUDT)

3 IDT for Output

4 Acoustic Material

11 11' Positive/negative excitation electrode

12 Short Circuit Mold Float Electrode

13 Open Sand Mold Float Electrode

14 Branch of Positive/negative Excitation Electrode

H Thickness

We Line breadth of a positive/negative excitation electrode

Wf Line breadth of a short circuit mold float electrode

[Translation done.]

* NOTICES *

**JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not
reflect the original precisely.

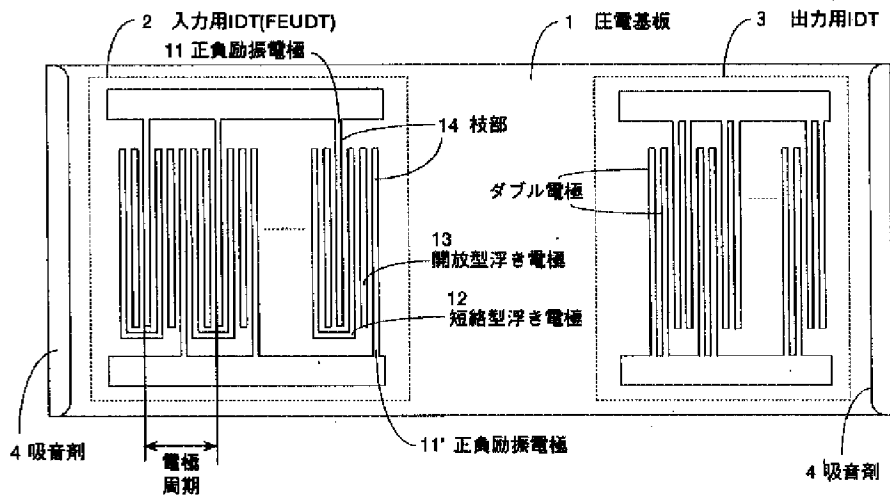
2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

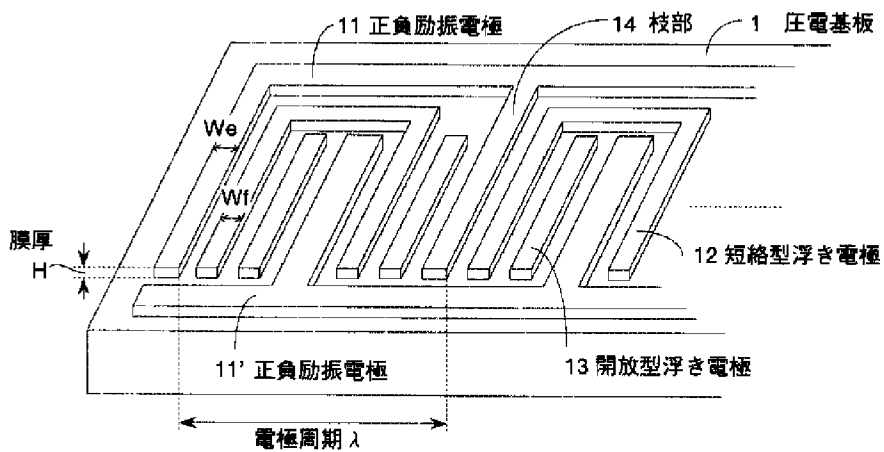
[Drawing 1]

この発明の表面弾性波装置の一実施例の構成図



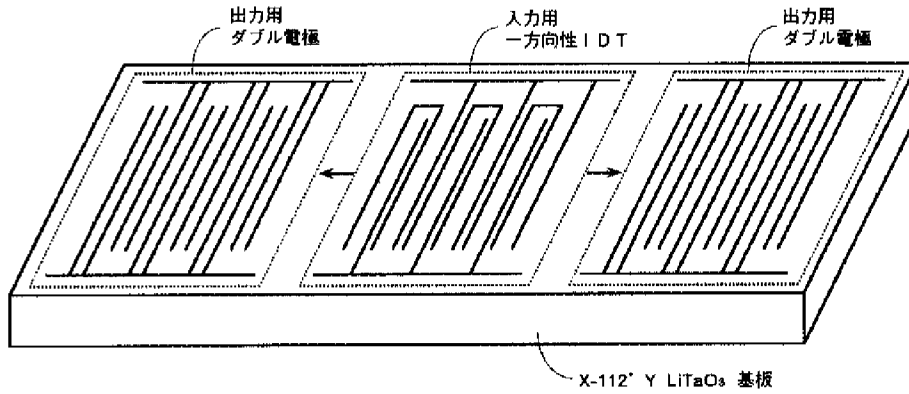
[Drawing 2]

この発明のFEUDTの一実施例の斜視図



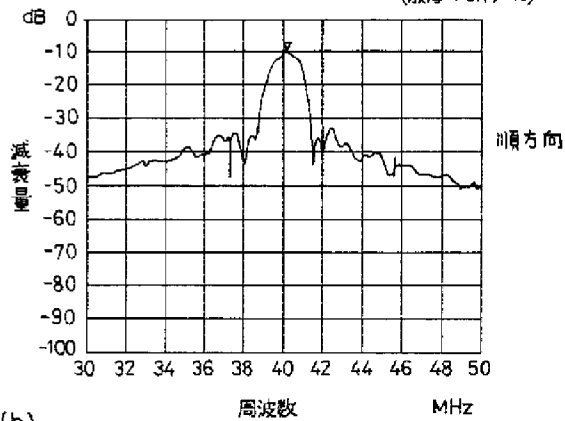
[Drawing 3]

方向性度測定用サンプルの構成図

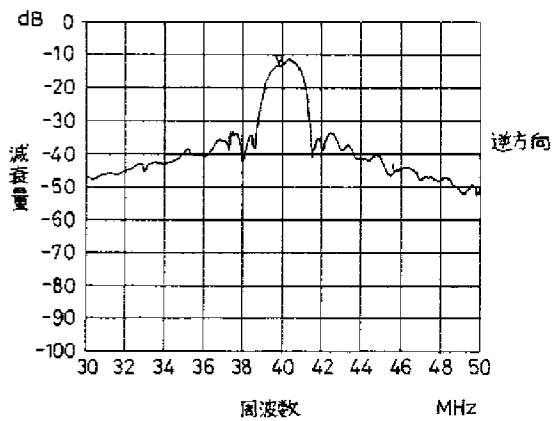


[Drawing 4]

(a) この発明の実施例1におけるFEUDTの周波数-損失特性図
(膜厚: 0.1λ)

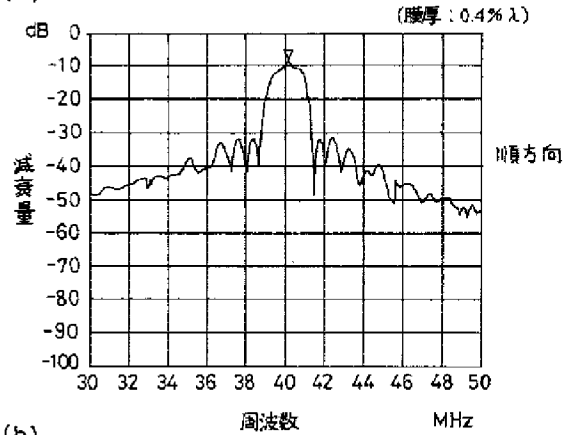


(b)

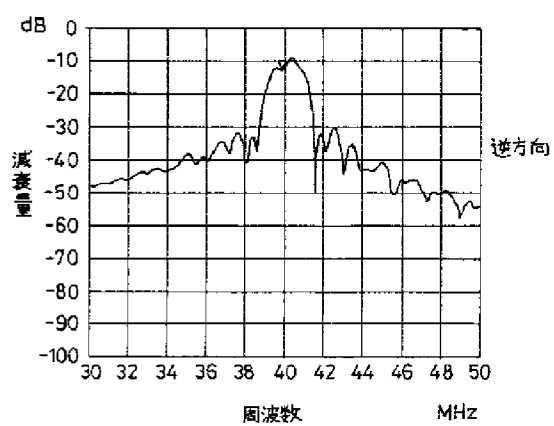


[Drawing 5]

(a) この発明の実施例1におけるFEUDTの周波数-損失特性図

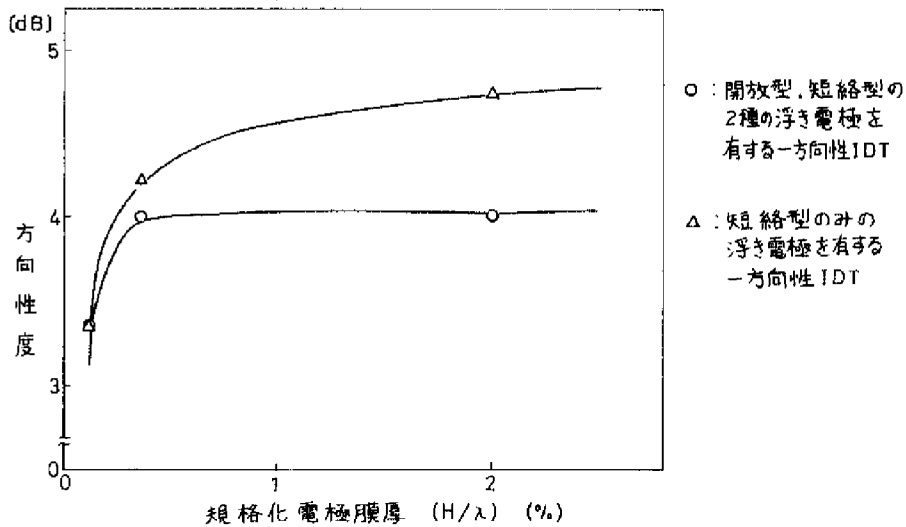


(b)

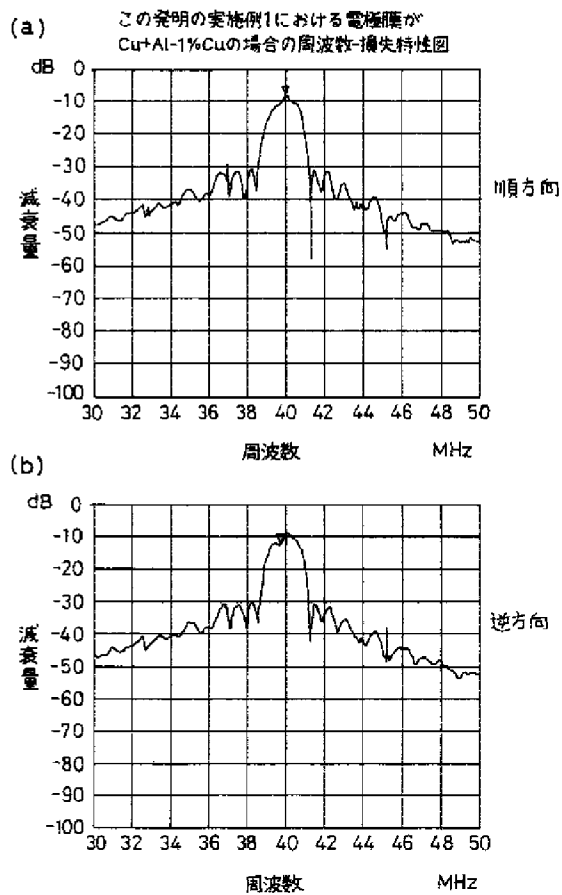


[Drawing 6]

この発明の実施例1における
規格化電極膜厚と方向性度との関係図

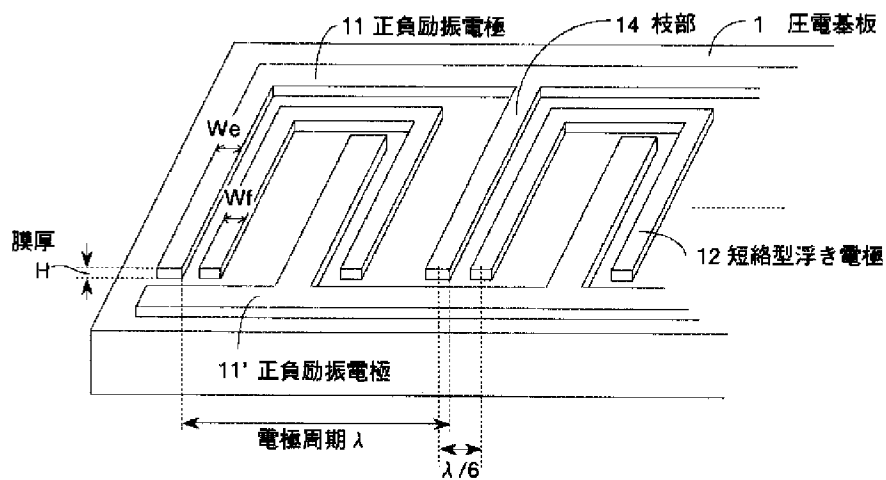


[Drawing 7]



[Drawing 8]

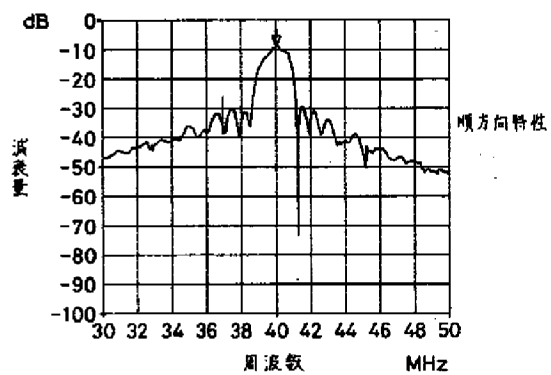
この発明のFEUDTの一実施例の斜視図



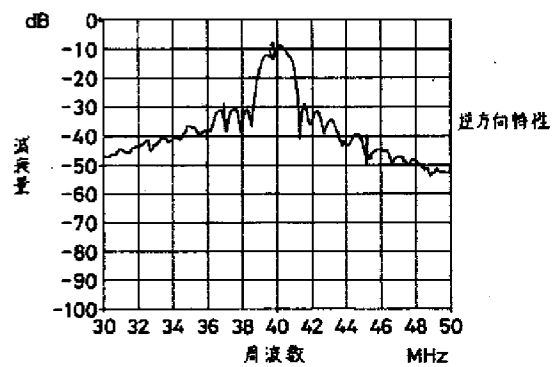
[Drawing 9]

この発明の実施例2におけるFEUDTの周波数-損失特性図
(Cu+Al-1%Cuの場合)

(a)



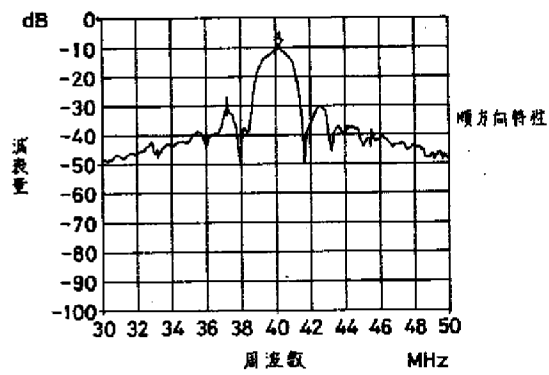
(b)



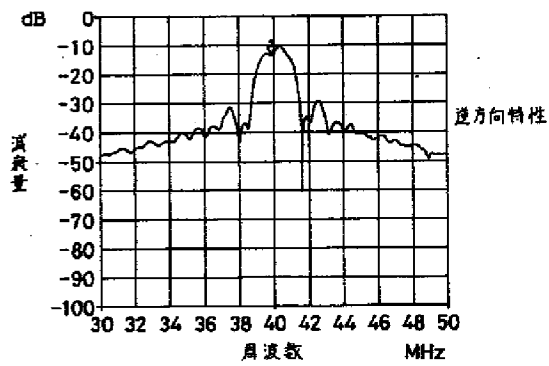
[Drawing 10]

この発明の実施例2におけるFEUDTの周波数-損失特性図
(Al-1%Cuの場合)

(a)

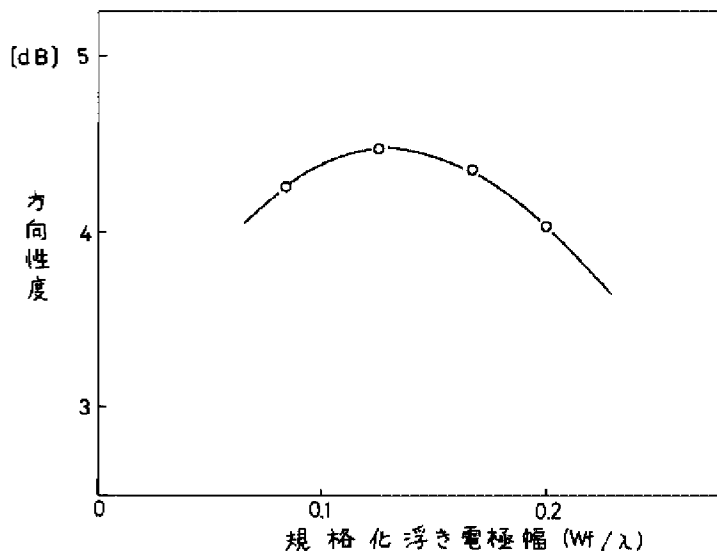


(b)

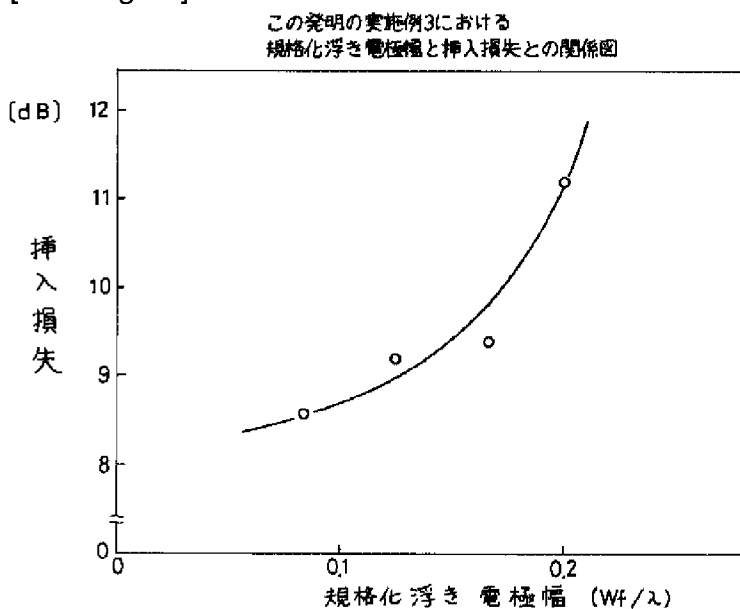


[Drawing 11]

この発明の実施例3における
規格化浮き電極幅と方向性度との関係図

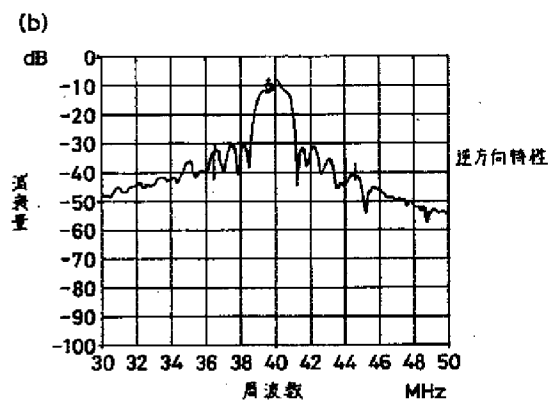
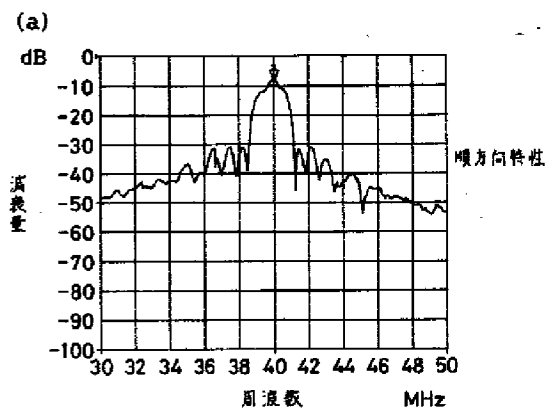


[Drawing 12]

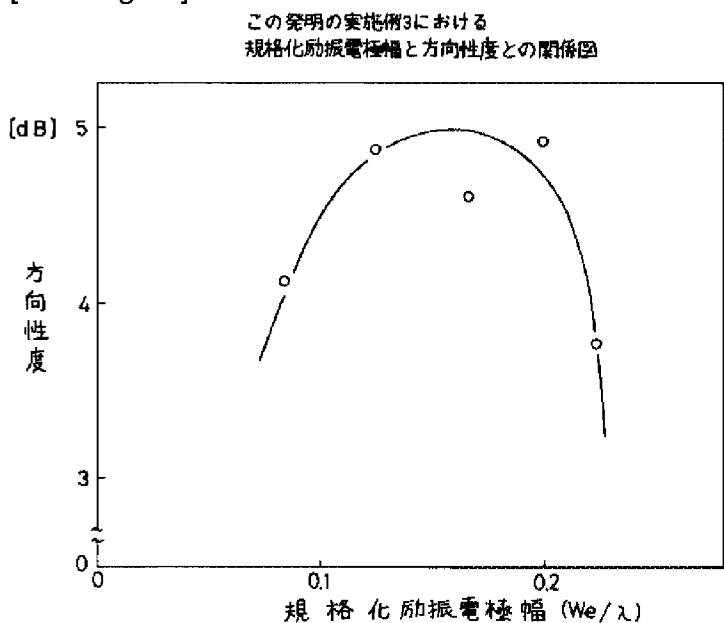


[Drawing 15]

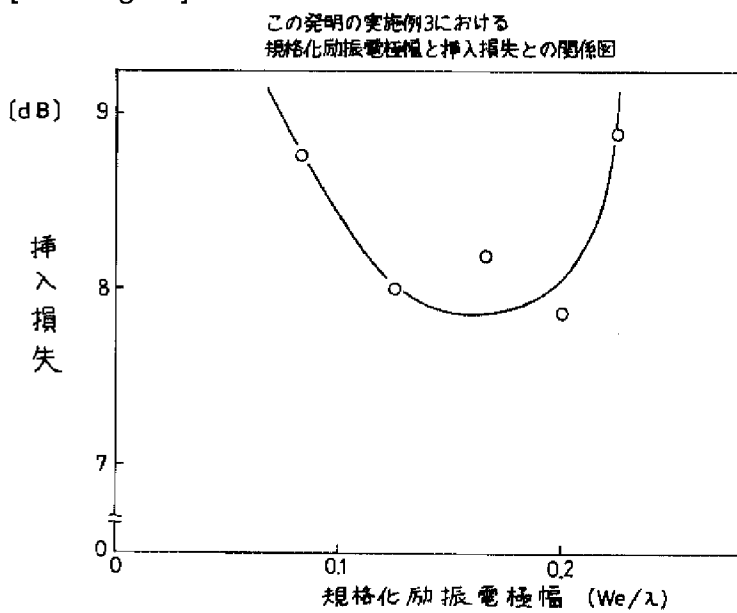
この発明の実施例3におけるFEUDTの周波数-損失特性図



[Drawing 13]

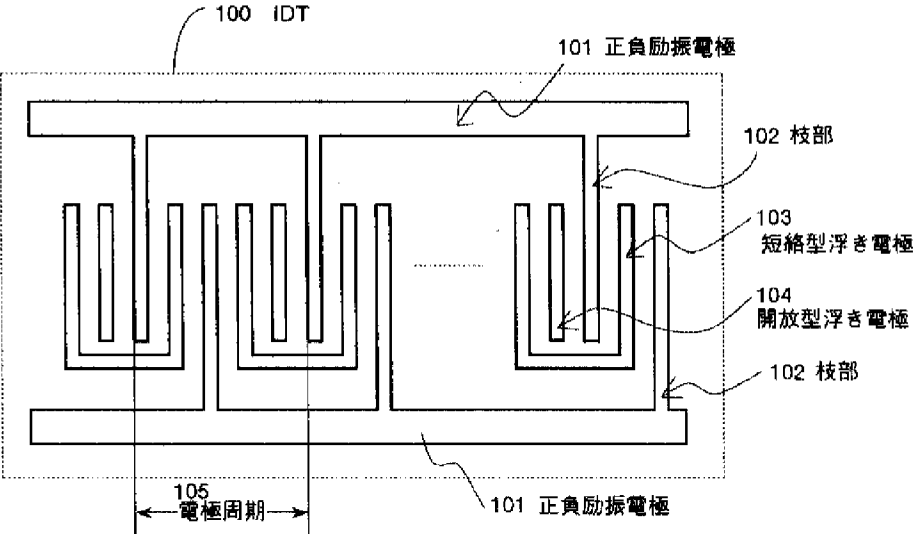


[Drawing 14]



[Drawing 16]

内部反射型一方向性すだれ電極の構成図



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-18272

(43)公開日 平成9年(1997)1月17日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所	
H 0 3 H	9/145	7259-5 J	H 0 3 H	9/145	B
	9/25	7259-5 J		9/25	C
	9/64	7259-5 J		9/64	Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平7-159401

(22)出願日 平成7年(1995)6月26日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 堤 潤

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 佐藤 良夫

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

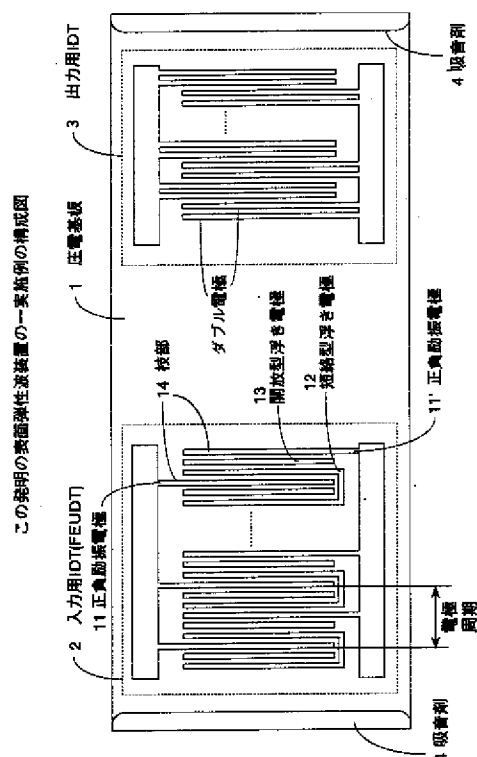
(74)代理人 弁理士 野河 信太郎

(54)【発明の名称】 表面弾性波装置

(57)【要約】

【目的】 この発明は、表面弾性波装置に関し、浮き電極を有する内部反射型一方向性IDTを用いた場合に、表面弾性波の一方向性の向上及び装置の小型化及び低損失化をすることを目的とする。

【構成】 圧電基板と、圧電基板上に表面弾性波を励振又は受信するための正負の励振電極を有する複数のすだれ状電極とを備え、前記圧電基板の材料が $X-112^{\circ}Y:LiTaO_3$ であり、少なくとも1つのすだれ状電極が、一方向性を有する表面弾性波を励振させる内部反射型一方向性すだれ電極であり、かつ内部反射型一方向性すだれ電極の電極膜の膜厚が、すだれ状電極の周期 λ の0.4%以上であることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電基板と、圧電基板上に表面弾性波を励振又は受信するための正負の励振電極を有する複数個のすだれ状電極とを備え、

前記圧電基板の材料が $X-112^\circ Y:LiTaO_3$ であり、

少なくとも1つのすだれ状電極が、一方向性を有する表面弾性波を励振させる内部反射型一方向性すだれ電極であり、かつ内部反射型一方向性すだれ電極の電極膜の膜厚が、すだれ状電極の周期 λ の0.4%以上であることを特徴とする表面弾性波装置。

【請求項2】 前記内部反射型一方向性すだれ状電極が、その正負の励振電極間に、正負の励振電極とは電気的に接続されない開放型の浮き電極と、正負の励振電極とは電気的に接続されず2つの浮き電極を短絡した短絡型の浮き電極とを備えることを特徴とする請求項1記載の表面弾性波装置。

【請求項3】 前記内部反射型一方向性すだれ状電極が、正負の励振電極間の中央からずれた位置にその正負の励振電極とは電気的に接続されない1つの浮き電極を有し、かつ隣接する2つの浮き電極が短絡された構成を持つことを特徴とする請求項1記載の表面弾性波装置。

【請求項4】 圧電基板と、圧電基板上に表面弾性波を励振又は受信するための正負の励振電極を有する複数個のすだれ状電極とを備え、

少なくとも1つのすだれ状電極が、その正負の励振電極間であって、励振電極からすだれ状電極の周期 λ の $1/6$ の距離だけ離れた位置に、正負の励振電極とは電気的に接続されない1つの浮き電極を有し、かつ隣接する2つの浮き電極が短絡された構成を持つ内部反射型一方向性すだれ電極であり、

さらに、正負の励振電極の線幅が $\lambda/8$ 以上かつ $\lambda/5$ 以下、前記浮き電極の線幅が $\lambda/12$ 以下であることを特徴とする表面弾性波装置。

【請求項5】 前記した請求項1又は4に記載の表面弾性波装置を1個もしくは複数個備えたことを特徴とする表面弾性波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、表面弾性波装置に関し、特に浮き電極を有する内部反射型一方向性IDTから構成される表面弾性波装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】昨今、自動車電話や携帯電話などの移動通信端末機の小型化に伴い、それに使用する電子部品の小型化が強く要求されている。たとえば、分波器を構成する部品としては、従来用いられていた誘導体フィルタに代わり、表面弾性波フィルタが用いられるようになり端末機の小型化に大きく貢献している。

【0003】しかし、数十から数百MHz帯の比較的低周波の表面弾性波フィルタでは依然としてサイズが大きく、端末機のさらなる小型化を図るために、表面弾性波フィルタの小型化が求められ、同時に低損失化も要求されている。特に低損失化を図ることに關しては、従来数百MHz帯以上の表面弾性波フィルタにおいては、入力電極及び出力電極を多数配置した多電極構成とし、表面弾性波共振器を用いたりしていた。

【0004】一般に表面弾性波フィルタは、電圧を加えると基板がひずみ表面弾性波を発生する圧電基板の表面に、入力用IDT(InterDigital Transducer)と出力用IDTを形成したものであり、この入力用IDTと出力用IDTとからなる電極を、一枚の圧電基板上に複数個設けた多電極構成としている。また、IDTは、図16に示すような、互いに交差したすだれ形状の枝部を有する一組の正負励振電極から構成される。

【0005】しかしながら、このIDTの正負励振電極の枝部の間隔、すなわち電極周期は、周波数に反比例するため、数十から数百MHz帯の表面弾性波フィルタに対して上記の多電極構成を適用すると、膨大な大きさとなり、小型化を図ることは難しい。また、小型化の要求を満足させるため、単純な1入力1出力トランスバーサル型のフィルタ構成とし、IDTとして双方向性損失を低減させることのできる一方向性IDTを用いた表面弾性波フィルタが提案されている。

【0006】たとえば、特開昭60-236312号公報には、正負励振電極間に浮き電極を有する内部反射型一方向性IDTが記載されている。これは、外部に位相回路を必要とせず、しかも一度の電極膜成膜及びパターニングしか必要としないため製造工程が簡単であるという特徴を有する。

【0007】また、特開平3-133209号公報には、浮き電極として開放型と短絡型の2種類が存在する内部反射型一方向性IDTであって、開放型の浮き電極の線幅を $\lambda/12$ (λ はすだれ状電極の周期)より広く、短絡型の浮き電極の線幅を $\lambda/12$ よりも狭くし、より一方向性を増加させたものが記載されている。

【0008】図16は、従来用いられている浮き電極を有する内部反射型一方向性IDT(FEUDT: Floating Electrode type Unidirectional Transducer)の構造の一例を示したものである。ここで、IDT100は、正負励振電極101、正負励振電極の枝部102、短絡型浮き電極103、開放型浮き電極104からなる。105は、枝部間隔、すなわち電極周期である。

【0009】この従来用いられているIDTでは、一般的にAl、Al-Cu、Cu等を電極材料として用い、良好な一方向性が得やすい $128^\circ Y-X:LiNbO_3$ を圧電基板の材料として用いていた。

【0010】このFEUDTは浮き電極の圧電反作用を

利用するため、良好な一方向性を出すためには、本質的に電気機械結合係数 K^2 が大きな値となる基板に対して有効であることが知られている。この電気機械結合係数 K^2 とは、圧電基板の特性値の1つであり、電気信号を表面弾性波に変える場合の変換効率を示す係数である。したがって上記の公報に示した発明で用いられるFEUDTは、いずれの場合も $K^2=5.5\%$ という比較的大きな値を持つ $128^\circ\text{Y-X:LiNbO}_3$ を基板材料として用いている。

【0011】ところが、 $128^\circ\text{Y-X:LiNbO}_3$ を用いた基板は、圧電基板の一特性値である遅延時間温度係数が $-74\text{ppm}/^\circ\text{C}$ と大きいため、安定した温度特性を得ることが難しい。また K^2 が大きいため、良好な特性を持つ狭帯域フィルタを構成する場合にはIDTの枝部の電極対数を多くする必要があり、小型化には不利となる。

【0012】一方、遅延時間温度係数が $-18\text{ppm}/^\circ\text{C}$ であって、安定な温度特性を示す基板材料として、 $X-112^\circ\text{Y:LiTaO}_3$ が知られている。この基板材料を用いたものは、 K^2 が 0.76% であり、前記した $128^\circ\text{Y-X:LiNbO}_3$ に比べて約一桁小さく、少ない電極数で狭帯域を実現できるので小型化に向いている。

【0013】さらに、表面弾性波の伝搬速度についても、 $128^\circ\text{Y-X:LiNbO}_3$ のものでは 3960m/s であるのに対し、 $X-112^\circ\text{Y:LiTaO}_3$ のものでは 3230m/s となり遅いため、狭帯域フィルタを小型化するのに有利である。ただし、前記したように、 K^2 が小さい場合は、従来のような浮き電極を有する内部反射型ではわずかな一方向性しか得られず、実用に耐え得る低損失な弾性表面波フィルタを実現することができない。

【0014】この発明は、以上のような事情を考慮してなされたものであり、圧電基板の材料に $X-112^\circ\text{Y:LiTaO}_3$ を用い、IDTとして内部反射型一方向性IDTを用いた場合に、実用上十分適用できる程度に表面弾性波の一方向性を高め、安定、小型かつ低損失な表面弾性波装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】この発明は、圧電基板と、圧電基板上に表面弾性波を励振又は受信するための正負の励振電極を有する複数個のすだれ状電極とを備え、前記圧電基板の材料が $X-112^\circ\text{Y:LiTaO}_3$ であり、少なくとも1つのすだれ状電極が、一方向性を有する表面弾性波を励振させる内部反射型一方向性すだれ電極であり、かつ内部反射型一方向性すだれ電極の電極膜の膜厚が、すだれ状電極の周期 λ の 0.4% 以上であることを特徴とする表面弾性波装置を提供するものである。

【0016】ここで、内部反射型一方向性すだれ状電極が、その正負の励振電極間に、正負の励振電極とは電気

的に接続されない開放型の浮き電極と、正負の励振電極とは電氣的に接続されず2つの浮き電極を短絡した短絡型の浮き電極とを備えるようにしてもよい。

【0017】また、前記したすべて又は一部のすだれ状電極の電極膜の膜厚が、すだれ状電極の周期 λ の 0.4% 以上となるように構成してもよい。また、前記すだれ状電極の電極膜の材料は通常アルミニウムが用いられるが、この他に、アルミニウムと銅の合金（たとえば、 $\text{Al}-1\%\text{Cu}$ 、 $\text{Al}-2\%\text{Cu}$ ）、金、銅、チタンなどを用いてもよい。

【0018】また、内部反射型一方向性すだれ状電極が、正負の励振電極間の中央からずれた位置に、その正負の励振電極とは電氣的に接続されない1つの浮き電極を有し、かつ隣接する2つの浮き電極が短絡された構成をもつようにしてもよい。また、上記のような表面弾性波装置を1個又は複数個用いて、表面弾性波フィルタとして構成してもよい。

【0019】さらに、この発明は、圧電基板と、圧電基板上に表面弾性波を励振又は受信するための正負の励振電極を有する複数個のすだれ状電極とを備え、少なくとも1つのすだれ状電極が、その正負の励振電極間であって、励振電極からすだれ状電極の周期 λ の $1/6$ の距離だけ離れた位置に、正負の励振電極とは電氣的に接続されない1つの浮き電極を有し、かつ隣接する2つの浮き電極が短絡された構成を持つ内部反射型一方向性すだれ電極であり、さらに、正負の励振電極の線幅が $\lambda/8$ 以上かつ $\lambda/5$ 以下、前記浮き電極の線幅が $\lambda/12$ 以下であることを特徴とする表面弾性波装置を提供するものである。

【0020】ここで、さらに前記圧電基板の材料が、 $X-112^\circ\text{Y:LiTaO}_3$ であり、前記すだれ状電極の電極膜の材料がアルミニウムであり、前記内部反射型一方向性すだれ電極のみ、又は圧電基板上のすべてもしくは一部のすだれ状電極の電極膜の膜厚が、励振される表面弾性波の波長 λ の 0.4% 以上となるようにしてもよい。

【0021】また、前記すだれ状電極の材料をアルミニウム以外とする場合、前記すだれ状電極の電極膜の材料のアルミニウムに対する比重を電極膜の膜厚に乗じた値が、励振される表面弾性波の波長 λ の 0.4% 以上とするか又は、前記すだれ状電極の電極膜が層状に構成される複数の材料からなる場合、各材料のアルミニウムに対する比重を各材料の膜厚に乗じた値を合計した数値が、励振される表面弾性波の波長 λ の 0.4% 以上となるようにしてもよい。また、このような構成を持つ表面弾性波装置を1個又は複数個組合わせて、表面弾性波フィルタを形成してもよい。

【0022】

【作用】この発明によれば、 $X-112^\circ\text{Y:LiTaO}_3$ を材料とする圧電基板と、表面弾性波を励振させる

すだれ状電極として内部反射型一方向性すだれ電極を用い、かつその内部反射型一方向性すだれ電極の膜厚をすだれ状電極の周期入の0.4%以上としているので、表面弾性波の一方向性を増すことができ、安定、小型かつ低損失な表面弾性波装置を提供することができる。

【0023】また、内部反射型一方向性すだれ電極が、浮き電極として開放型浮き電極と短絡型浮き電極の2種類を備える場合でも、又は短絡型の浮き電極のみを備える場合でも、上記のように電極の膜厚を厚くさせれば、内部反射型一方向性すだれ電極の方向性を向上させることができる。

【0024】また、短絡型の浮き電極が、正負の励振電極との中心間の距離がすだれ状電極の周期入の1/6の距離だけ離れた位置に配置された内部反射型一方向性すだれ電極において、正負の励振電極の線幅を入/8以上かつ入/5以下とし、短絡型の浮き電極の線幅を入/12以下としているので、前記方向性の増加と共に、損失の低減を図ることができる。

【0025】

【実施例】以下、図に示す実施例に基づいてこの発明を詳述する。なお、この発明はこれによって限定されるものではない。

【0026】**実施例1**：図1に、この発明の一実施例における基板表面の構造図を示す。この図には、圧電基板上に1組の入力用IDTと出力用IDTとを形成した例を示している。

【0027】1は、圧電基板であり、この発明では $X-112^\circ Y:LiTaO_3$ 基板を用いる。 $X-112^\circ Y:LiTaO_3$ 基板は、安定した温度特性を持ち、電気機械係数 K^2 の値も小さいため、狭帯域フィルタの小型化に有利である。2は入力用IDTであり、たとえば、図に示すような内部反射型一方向性IDT(FEUDT)を用いることができる。

【0028】一般に、入力用IDTから励振される表面弾性波は、IDTの電極に対して垂直方向に進行する。図1では、左側方向に進行する表面弾性波と、右側方向に進行する表面弾性波がある。FEUDTは、2方向のうち出力側IDTの方すなわち右側方向へ進行する表面弾性波がなるべく多くなるように工夫されたIDTであり、この意味で一方向性を有するIDTである。3は、出力用IDTであり、たとえば、図に示すようなダブル電極型のIDTを用いることができる。4は、吸音剤であり、圧電基板端面でのSAWの反射を抑制するためのものである。

【0029】入力用IDT2において、11、11'は正負励振電極、12は短絡型浮き電極、13は開放型浮き電極である。これらの電極の材料として、ここではアルミニウムを用いることにする。

【0030】正負励振電極11、11'は図に示すように、対向する電極であり、所定の一定間隔で正負励振電

極の枝部14がすだれ状につき出ている。上方向からの枝部14と下方向からの枝部14とで1対の電極を構成し、一般にIDTは複数個の対数の枝部からなる。この枝部14の間隔(以下、電極周期と呼ぶ)は最も強く励振させたい表面弾性波の波長入にほぼ等しくする。たとえば、表面弾性波の伝搬速度が3230m/sである $X-112^\circ Y:LiTaO_3$ 基板を用い、さらにフィルタの中心周波数が40MHzの場合は、波長入は80.75 μm であり、電極周期もほぼ同じ長さとする。

【0031】また、入力用IDT(FEUDT)の正負励振電極11、11'、短絡型浮き電極12、及び開放型浮き電極13のすべての線幅を入/12に等しくする。さらに、電極材料がアルミニウムの場合、入力用IDTのすべての電極膜の膜厚を表面弾性波の波長入の0.4%以上の厚さとする。たとえば、すだれ状電極の周期入=82 μm のとき、アルミニウムの膜厚は0.328 μm 以上とする。また、図1の実施例では、電極周期を82 μm 、入力IDTの電極対数を20対、出力用IDTの電極対数を28対とする。

【0032】図2に、この発明の入力用IDT(FEUDT)の別の一実施例の斜視図を示す。ここでHは膜厚を示し、Weは正負励振電極の線幅、Wfは短絡型浮き電極の線幅である。図1におけるFEUDTでは、We=Wfとしている。

【0033】次に、この発明の表面弾性波装置の一方向性が電極膜の膜厚を厚くすることによって改善されることを示す。この一方向性の特性を測定するために、図3に示す測定サンプルを用いた。これは、 $X-112^\circ Y:LiTaO_3$ 基板上に、中央部分に入力用IDT(FEUDT)、その両側に双方向性IDTであるダブル電極型のIDTを配置したものであり、入力用IDTから励振される表面弾性波を両側のダブル電極型IDTで受信したときの損失差を測定した。

【0034】ここで、FEUDTから励振される表面弾性波が進行してほしい方向を順方向、進行してほしくない方向を逆方向と呼ぶことにする。また、FEUDTから見て順方向に存在するダブル電極型IDTにおける損失から、逆方向に存在するダブル電極型IDTにおける損失を引いた数値を方向性度と呼び、この数値が大きいほど、FEUDTの方向性度がよいといえる。この方向性度の測定は、図3の測定サンプルの入力用IDTの電極膜厚を変化させて行った。

【0035】図4及び図5は、電極にアルミニウムを用いた場合のFEUDTの周波数-損失の特性図である。図4は、アルミニウムの電極膜の膜厚を0.1%入とした場合の特性図であり、図5は、膜厚を0.4%入とした場合の特性図である。横軸は表面弾性波の周波数(MHz)、縦軸は損失(dB)を示す。

【0036】図4(a)及び図5(a)はFEUDTの表面弾性波を励振させたい方向すなわち順方向の損失を

示し、図4(b)及び図5(b)は励振させたくない方向、すなわち逆方向の損失を示す。図4(a)と(b)を比較すると、逆方向に比べて順方向の方が損失が約3.37dB少ないことがわかる。すなわち、アルミニウムの電極膜の膜厚が0.1%λのとき、方向性は3.37dBであると言うことができる。

【0037】同様に、図5(a)と(b)を比較すると、アルミニウムの電極膜の膜厚が0.4%λのとき、方向性は4.10dBであると言うことができる。したがって、電極膜がアルミニウムの場合、膜厚が0.1%λのものよりも0.4%λと厚くした方が、方向性がよくなることがわかる。

【0038】図6に、電極膜の厚さと入力用IDTの方向性度との関係のグラフを示す。横軸は、波長λで規格化した電極膜厚を示し、縦軸は方向性度を示している。図6のグラフAは、短絡型の浮き電極のみを有するFEUDTの場合、グラフBは短絡型及び開放型の2種の浮き電極を有するFEUDTの場合の変化を示している。

【0039】図6によれば、グラフA、Bどちらの場合も、横軸の電極膜厚を増加させると、方向性度が増加していることがわかる。たとえば、グラフAにおいて、膜厚が0.12%λのときは方向性度は3.3dB、膜厚が0.4%λのときは方向性度は4dBとなり、膜厚を厚くした方が方向性度が改善される。また、電極膜厚を増加させるにつれて、方向性度は飽和する傾向にあり、0.4%λ以上においては、4dB程度以上の方向性度となっており、膜厚を厚くしたことの効果が得られる。特に、さらに好ましくは、膜厚を1%λ以上の厚さとするのがよい。また、図6のグラフによれば、0.4%λ以上の厚さであれば、良好な方向性度が得られるので、特に上限値を規定する必要はないが、上の観点からは、数μm以下であることが好ましい。

【0040】以上のことより、FEUDTの電極膜の膜厚を0.4%λ以上の厚さとするることにより、X-112°Y:LiTaO₃基板を用いてFEUDTを形成した場合の表面弾性波の一方方向性が実用上十分な程度にまで改善でき、安定した温度特性を有し低損失な表面弾性波装置を提供することができる。

【0041】なお、図1の実施例では、電極材料としてアルミニウムを用いることとしたが、この他に、アルミニウムと銅の合金(A1-1%Cu, A1-2%Cu)、銅、金、チタンなどを用いることもできる。

【0042】また、このようにアルミニウム以外の電極材料を用いた場合は、電極膜厚をh、その電極材料のアルミニウムに対する比重をmとしたとき、 $h \times m \geq 0.4\% \lambda$ となるように、電極膜厚を設定する。たとえば、電極材料として銅を用いた場合、電極周期 $\lambda = 82 \mu m$ のとき、銅の膜厚hは0.12μm(120nm)以上であることが好ましい。ここで銅のアルミニウムに対する比重は2.73である。

【0043】また、電極材料として複数の材料を組合せた層状構造として形成してもよい。この場合には、その複数の材料ごとに、 $h \times m$ を計算し、その合計が0.4%以上となるように、それぞれの電極膜厚を設定すればよい。たとえば、アルミニウムと銅を層状に形成する場合には、 $\lambda = 82 \mu m$ のとき、アルミニウムの膜厚を50nmとし、銅の膜厚を600nmとすることができる。また、図1には、1組の入力用IDTと出力用IDTとを形成した例を示したが、1つの圧電基板上に、複数のIDTを形成してもよい。

【0044】図7に、電極膜の材料として、Cu600nmとA1-1%Cu50nm(A1換算、2%λ)とを用い、これらを層状に形成したものをを用いた実施例の周波数-損失特性図を示す。図7の(a)と(b)とを比較すると、方向性度が4.02dBであることがわかる。したがって、複数の材料を用いて電極膜を構成した場合でも、A1換算をして膜厚を2%λというようにかなり厚くした場合には、FEUDTの方向性度が良好な値を示すということができる。なお、以上に示した実施例では、1組の入力用IDTと出力用IDTとを形成した例を示したが、1つの圧電基板上に、複数のIDTを形成してもよい。

【0045】一般に、表面弾性波フィルタは、図1のような入力用IDTと出力用IDTとを複数個用いて構成される。また、表面弾性波フィルタは、携帯電話機などの小型携帯端末の分波器を構成する部品として用いられる。したがって、図1に示したようなこの発明の表面弾性波装置を基本素子として用いて表面弾性波フィルタを構成すれば、より小型かつ良好な損失特性を持つ表面弾性波フィルタ及び小型携帯端末を提供することができる。

【0046】また、入力用IDTとしてFEUDTを用いる例を示したが、複数のIDTを用いて表面弾性波フィルタを構成し、電極膜にアルミニウムが用いられる場合にはすべてのIDTにこの発明のFEUDTを適用して、IDTの電極膜の膜厚を0.4%λとしてもよい。また、FEUDTを採用していない入力用IDT又は出力用IDTにおいても、この発明のようにそのアルミニウム電極膜の膜厚を0.4%λとしてもよい。

【0047】実施例2:次に、図1又は図2のFEUDTから、開放型の浮き電極を取り去った構造を持つ表面弾性波装置の場合の実施例を図8に示す。ここでは、浮き電極として短絡型の浮き電極のみを有するFEUDTにおいても、上記実施例と同様に、方向性度等が改善されることを示す。

【0048】図1と同様に中心周波数が40MHzの表面弾性波を励振するものであり、圧電基板としてはX-112°Y:LiTaO₃を用い、電極膜としてはCuとA1-1%Cuとを層状に形成したものをを用いる。また、正負励振電極11, 11'及び短絡型浮き電極12

の線幅 (W_e , W_f) はどちらも $\lambda/12$ とする。さらに、電極膜の膜厚は Cu が 600 nm、Al-1%Cu が 50 nm とし、Al 換算で 2% λ のものを用いることにする。なお、実施例 1 でも示したように膜厚としては、2% λ に限定する必要はなく、Al 換算で 0.4% λ 程度以上のものを用いればよい。

【0049】図 9 に、以上のような構造を持つ FEUDT の周波数-損失特性図を示す。また、比較のために、図 10 に膜厚を薄くした FEUDT の周波数-損失特性図を示す。図 10 では、電極膜は Al-1%Cu で 100 nm (Al 換算、0.12% λ) のものを用いた。

【0050】まず、図 9 (a) と (b) を比較すると、順方向の方が 40 MHz 付近において、4.8 dB 程度損失が少なかった。したがって方向性は約 4.8 dB ということができる。また、図 10 においては、方向性は約 3.3 dB であった。以上のことにより、図 9 に示す膜厚が厚いものの方が、方向性は約 1.5 dB 良いということができる。

【0051】さらに、図 9 (a) に示す順方向の場合には、40 MHz 付近において損失は約 8.75 dB であるのに対し、図 10 (a) に示す順方向の場合には、損失は約 10.45 dB であった。したがって、図 9 に示す膜厚が厚いものの方が、損失が 1.7 dB 低減されていることがわかる。

【0052】以上のように、FEUDT として短絡型浮き電極を備え、開放型浮き電極を有していない場合でも、電極膜の膜厚を厚くすることで、実施例 1 と同様に一方方向性及び損失を改善することができる。なお、実施例 1 と同様に、複数の IDT で表面弾性波フィルタが構成される場合は、そのうち FEUDT のみ、又はすべての IDT もしくは一部の IDT のアルミニウム電極膜の膜厚を 0.4% λ 以上としてもよい。

【0053】実施例 3：次に、FEUDT における正負の励振電極の線幅と、短絡型浮き電極の線幅を変化させた場合の実施例について述べる。ここでは、正負の励振電極の線幅を太くし、短絡型浮き電極の線幅を細くした場合に、挿入損失が低減できることを示す。

【0054】まず、一般論として、FEUDT の電極の線幅と、方向性及び挿入損失との関係について述べる。前記した図 3 に示す測定サンプルを用いて、線幅の変化による方向性度の変化のようすを測定した。ここで、圧電基板として X-112° Y: LiTaO₃ を用いた。また、中央の FEUDT として、開放型の浮き電極を取り去り、短絡型の浮き電極を備えるものを用いた。また、中央の FEUDT の正負励振電極の線幅を $\lambda/12$ に固定し、短絡型浮き電極の線幅を変化させて方向性度の測定を行った。

【0055】図 11 に、短絡型浮き電極の線幅に対する方向性度の変化のグラフを示す。同図によれば、短絡型浮き電極の線幅が、 $\lambda/12$ よりも大きい $\lambda/8$ から $\lambda/6$ 程度で方向性度は最大となることがわかる。浮き電極の線幅を最適化することで方向性度は向上するが、このことは従来から知られていた。

【0056】図 12 に、短絡型浮き電極の線幅に対する、FEUDT の順方向の挿入損失の変化のグラフを示す。同図によれば、短絡型浮き電極の線幅が増加するにつれて、順方向の挿入損失は増加する傾向にあることがわかる。

【0057】したがって、図 11 及び図 12 の測定結果から、短絡型の浮き電極の線幅をある程度太くすることで大きな方向性度が得られるが、浮き電極の線幅を太くしたことの副作用として表面弾性波の伝搬損失が増加し、実質的には浮き電極を太くすることにより挿入損失が増加してしまうことがわかる。

【0058】次に、FEUDT の正負励振電極の線幅を変化させた場合の方向性度及び挿入損失の測定結果をそれぞれ図 13、図 14 に示す。図 13 によれば、正負励振電極の線幅が $\lambda/8$ から $\lambda/5$ の付近で、方向性度が最大となる。図 14 によれば、正負励振電極の線幅が、 $\lambda/8$ から $\lambda/5$ の付近で、挿入損失が最小となる。以上により、正負の励振電極の線幅を、 $\lambda/12$ よりも太い $\lambda/8$ から $\lambda/5$ とした場合には、図 11 及び図 12 に示した浮き電極の線幅の変化とは異なり、副作用的な伝搬損失の増加はなく、実質的に挿入損失を低減できることがわかる。

【0059】以上の点を考慮して次のような構成を持つ FEUDT を作成した。すなわち、図 8 に示した FEUDT において、正負励振電極の線幅 W_e を $\lambda/5$ とし、短絡型浮き電極の線幅 W_f を $\lambda/12$ とする。また、正負励振電極の枝部 14 の中心から電極周期、すなわちフィルタ中心周波数における表面弾性波の波長 λ の $1/6$ だけ離れた位置に、短絡型浮き電極の中心がくるように短絡型浮き電極 12 を配置する。

【0060】図 8 では、正負励振電極 11、11' の右側に励振電極との中心間の距離が $\lambda/6$ である位置に、短絡型浮き電極を配置した構成を示している。電極膜としては Al-1%Cu/Cu/Al-1%Cu の 3 層膜を用い、その膜厚は 50 nm/580 nm/50 nm とする。

【0061】図 15 に、以上のような構成を持つこの実施例 3 における FEUDT の周波数-損失特性を示す。図 15 において、順方向の挿入損失は約 7.9 dB であり、方向性度は約 4.9 dB であった。したがって、正負励振電極及び浮き電極の線幅を同一の $\lambda/12$ とした実施例 2 (図 11) と比較すると、実施例 3 のように、線幅を異ならせた方が挿入損失及び方向性度とも改善していることがわかる。

【0062】以上のことにより、正負励振電極の線幅を、短絡型の浮き電極の線幅 ($\lambda/12$) より太い $\lambda/8$ から $\lambda/5$ 程度とすることによって、FEUDT の方

向性度を改善でき、表面弾性波装置としての損失も改善できる。

【0063】なお、短絡型浮き電極の線幅 W_f は $\lambda/12$ よりも小さくしてもよい。これは $\lambda/12$ より小さくしても、FEUDTの方向性等の特性にはほとんど影響を与えることがないからである。また、圧電基板1としては、前記実施例1、2と同様に、 $X-112^\circ Y: LiTaO_3$ を用いたが、この実施例3ではこれに限る必要はなく、他の基板材料たとえば $128^\circ Y-X: LiNbO_3$ でもよい。

【0064】さらに、実施例1及び2に示したように、電極膜としてアルミニウムを用いる場合は、FEUDTの膜厚 H は $0.4\% \lambda$ 以上、アルミニウム以外の材料を用いる場合は、電極膜厚 H に、アルミニウムに対する比重を重じた値が $0.4\% \lambda$ 以上、さらに複数の材料を層状に組合せた場合には、アルミニウム以外の各材料の膜厚にアルミニウムに対する比重を重じた値をすべて合計した値が $0.4\% \lambda$ 以上となるように、電極膜の膜厚を設定することが好ましい。

【0065】また、実施例3においても、複数のIDTで表面弾性波フィルタが構成される場合は、FEUDTのみ、又はすべてのIDTもしくは一部のIDTのアルミニウム電極膜の膜厚を $0.4\% \lambda$ 以上としてもよい。この場合において、電極膜の材料がアルミニウム以外の場合には、前記したように、それぞれの膜厚をアルミニウム換算したものをいれればよい。

【0066】

【発明の効果】この発明によれば、圧電基板に $X-112^\circ Y: LiTaO_3$ を用い、表面弾性波を励振させるすだれ状電極に内部反射一方向性すだれ電極を用い、内部反射一方向性すだれ電極の膜厚を、表面弾性波の波長 λ の 0.4% 以上としているので、実用上十分な程度にまで、表面弾性波の一方向性を高め、安定、小型かつ低損失な表面弾性波装置を提供することができる。

【0067】さらに、正負の励振電極の線幅を浮き電極の線幅よりも太い $\lambda/8$ 以上かつ $\lambda/5$ 以下とし、浮き電極の線幅を $\lambda/12$ 以下としているので、前記一方向性の向上と共に、損失の低減をはかることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の表面弾性波装置の一実施例の構成図である。

【図2】この発明のFEUDTの一実施例の斜視図であ

る。

【図3】この発明のFEUDTの方向性度の測定用サンプルの構成図である。

【図4】この発明の実施例1におけるFEUDT（膜厚： $0.1\% \lambda$ ）の周波数－損失特性図である。

【図5】この発明の実施例1におけるFEUDT（膜厚： $0.4\% \lambda$ ）の周波数－損失特性図である。

【図6】この発明の実施例1における規格化電極膜厚と方向性度との関係を示すグラフである。

【図7】この発明の実施例1において、電極膜が $Cu + Al-1\% Cu$ の場合の周波数－損失特性図である。

【図8】この発明の実施例2のFEUDTの一実施例の斜視図である。

【図9】この発明の実施例2の場合のFEUDTの周波数－損失特性図（ $Cu + Al-1\% Cu$ ）である。

【図10】この発明の実施例2の場合のFEUDTの周波数－損失特性図（ $Al-1\% Cu$ ）である。

【図11】この発明の実施例3において、規格化浮き電極幅と方向性度との関係を示すグラフである。

【図12】この発明の実施例3において、規格化浮き電極幅と挿入損失との関係を示すグラフである。

【図13】この発明の実施例3において、規格化励振電極幅と方向性度との関係を示すグラフである。

【図14】この発明の実施例3において、規格化励振電極幅と挿入損失との関係を示すグラフである。

【図15】この発明の実施例3におけるFEUDTの周波数－損失特性図である。

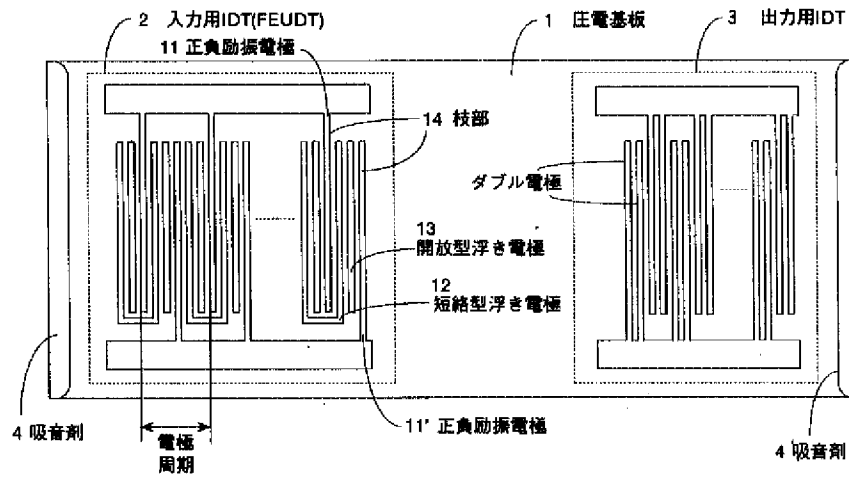
【図16】従来における内部反射型一方向性すだれ電極の構成図である。

【符号の説明】

- 1 圧電基板
- 2 入力用IDT（FEUDT）
- 3 出力用IDT
- 4 吸音剤
- 11、11' 正負励振電極
- 12 短絡型浮き電極
- 13 開放型浮き電極
- 14 正負励振電極の枝部
- H 膜厚
- We 正負励振電極の線幅
- Wf 短絡型浮き電極の線幅

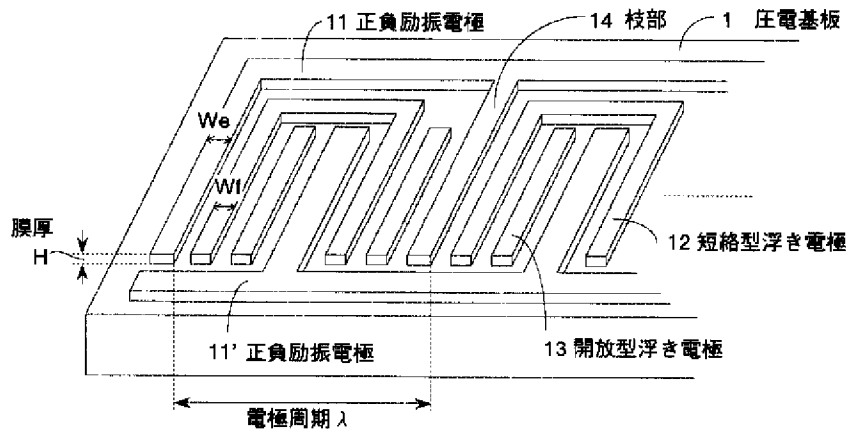
【図1】

この発明の表面弾性波装置の一実施例の構成図



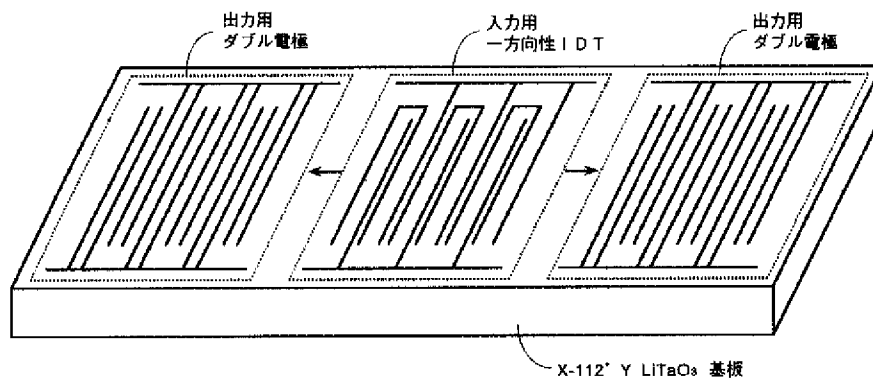
【図2】

この発明のFEUDTの一実施例の斜視図



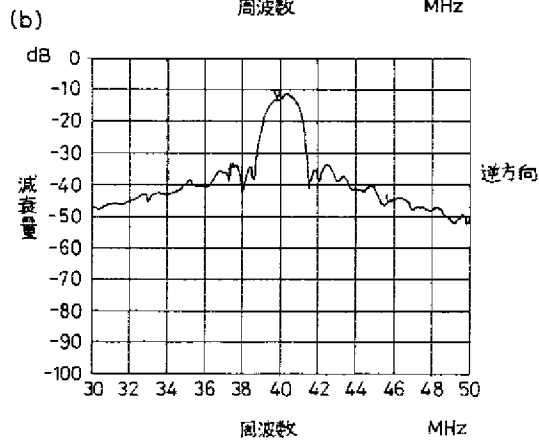
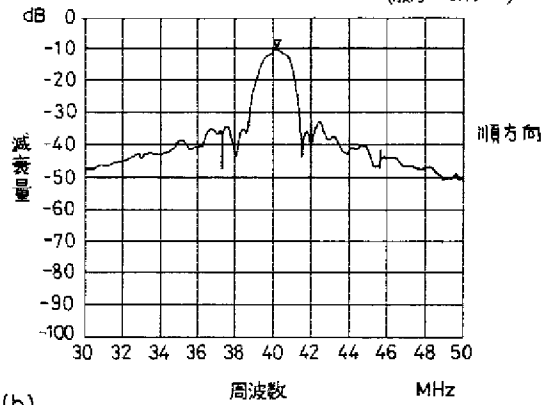
【図3】

方向性度測定用サンプルの構成図



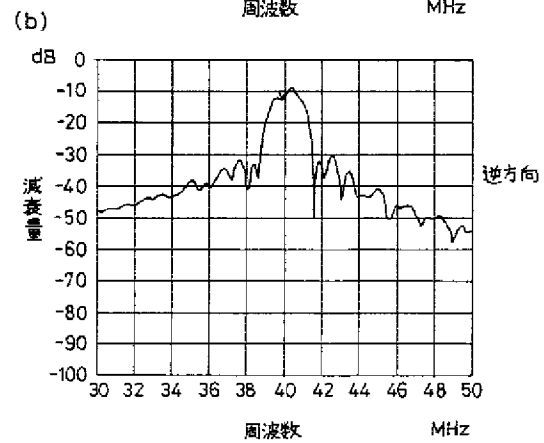
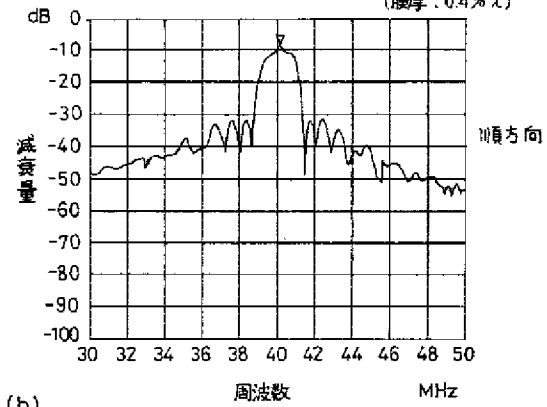
【図4】

(a) この発明の実施例1におけるFEUDTの周波数-損失特性図
(膜厚: $0.1\% \lambda$)



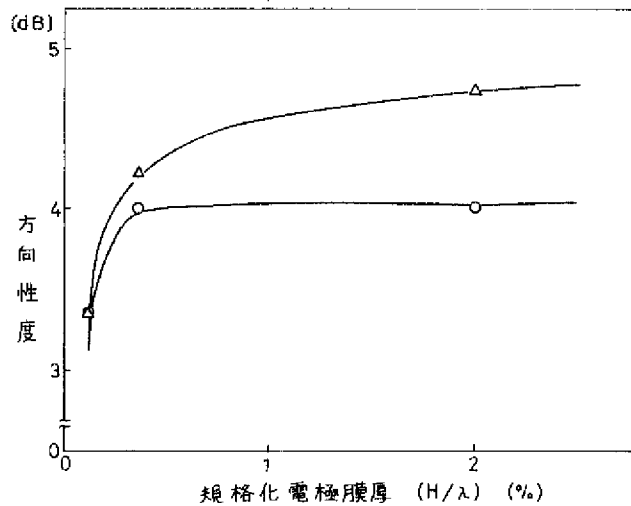
【図5】

(a) この発明の実施例1におけるFEUDTの周波数-損失特性図
(膜厚: $0.4\% \lambda$)



【図6】

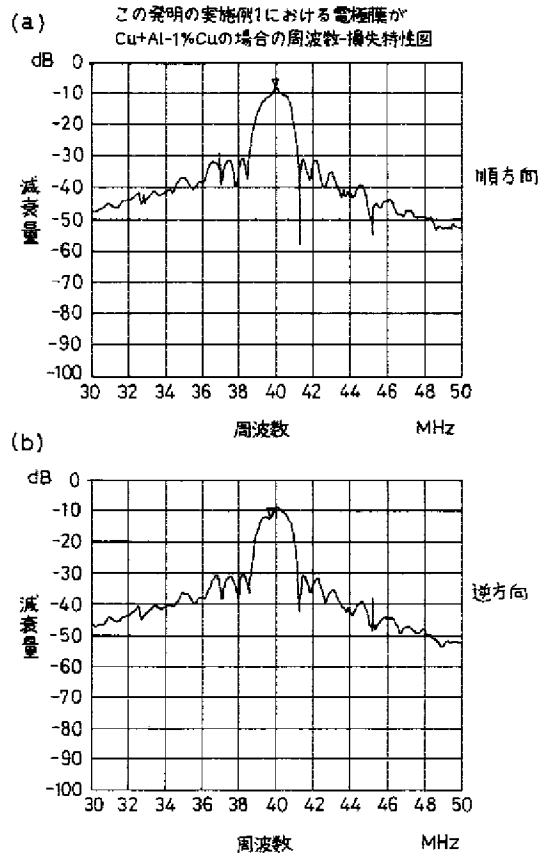
この発明の実施例1における
規格化電極膜厚と方向性度との関係図



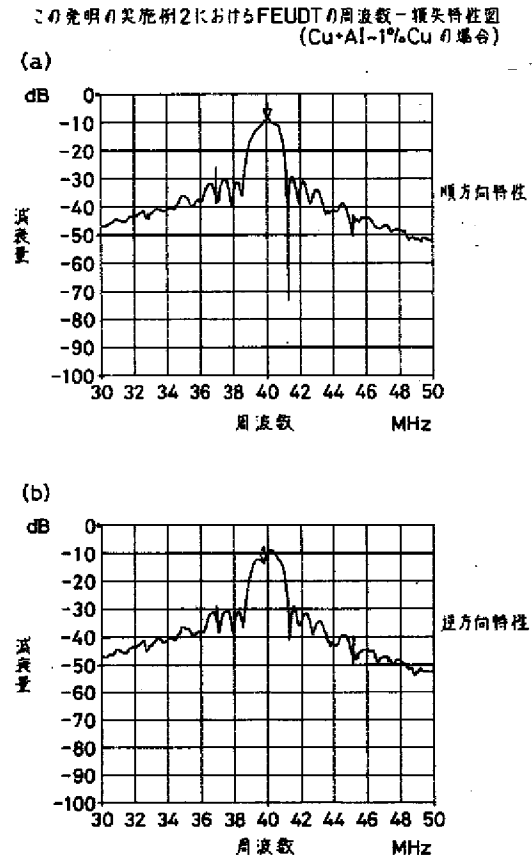
○: 開放型、短絡型の
2種の浮き電極を
有する一方向性IDT

△: 短絡型のみの
浮き電極を有する
一方向性IDT

【図7】

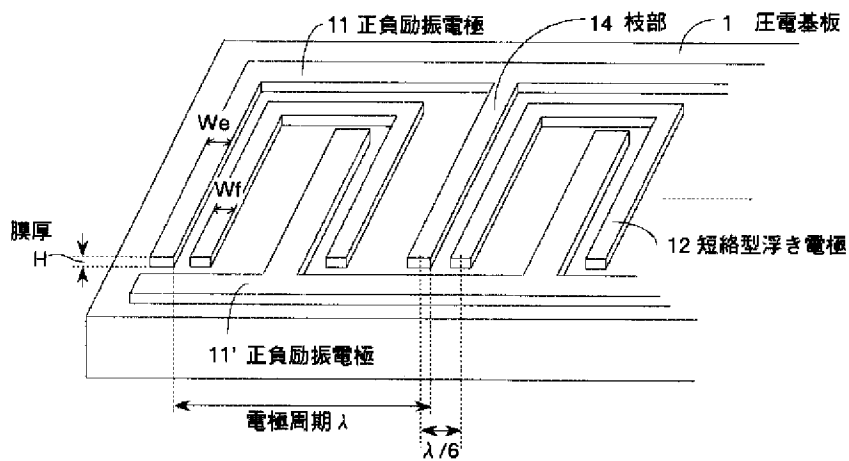


【図9】



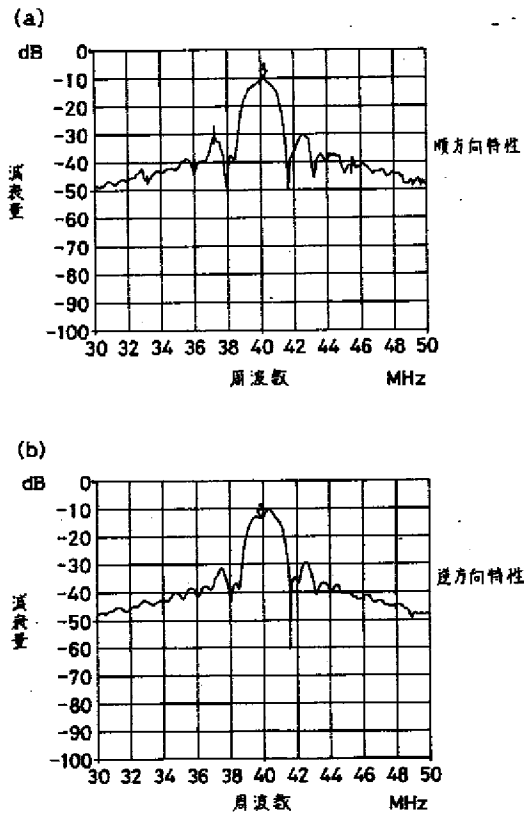
【図8】

この発明のFEUDTの一実施例の斜視図



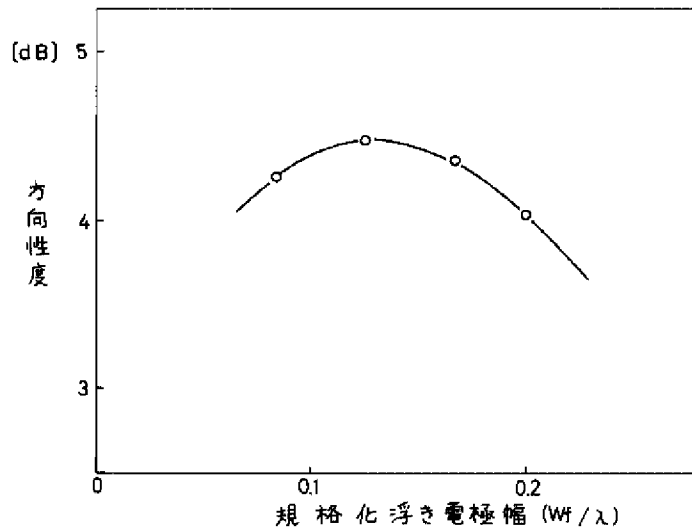
【図10】

この発明の実施例2におけるFEUDTの周波数-損失特性図
(Al-1%Cuの場合)



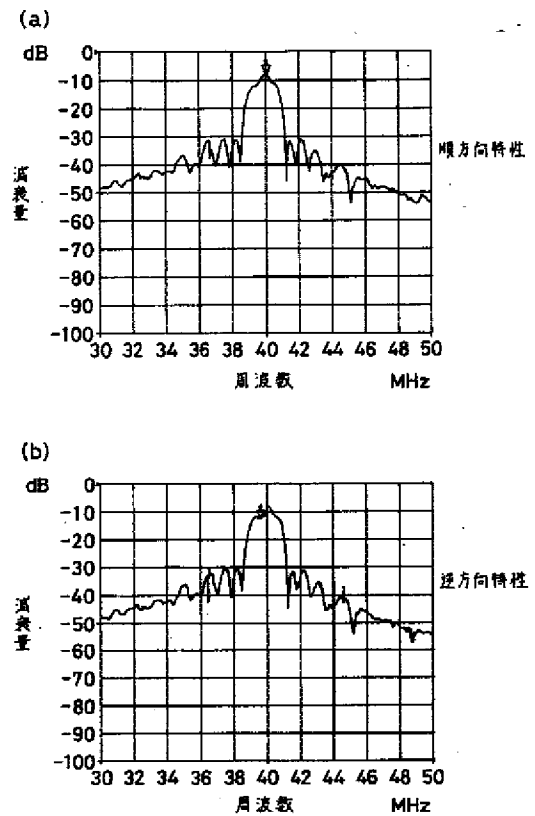
【図11】

この発明の実施例3における
規格化浮き電極幅と方向性度との関係図



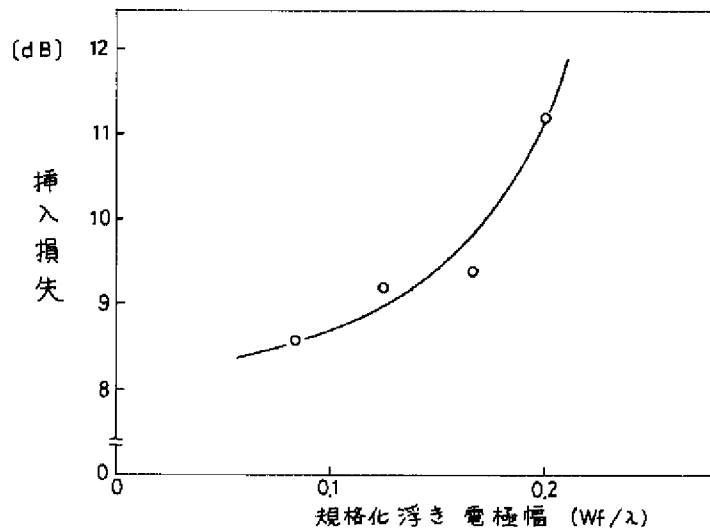
【図15】

この発明の実施例3におけるFEUDTの周波数-損失特性図



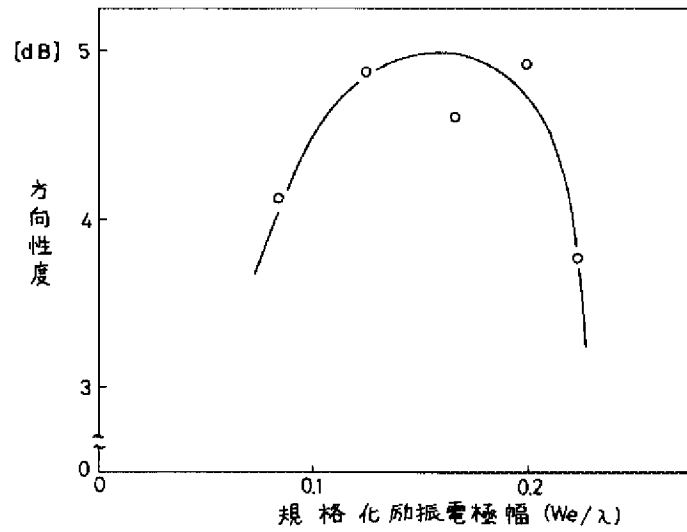
【図12】

この発明の実施例3における
規格化浮き電極幅と挿入損失との関係図



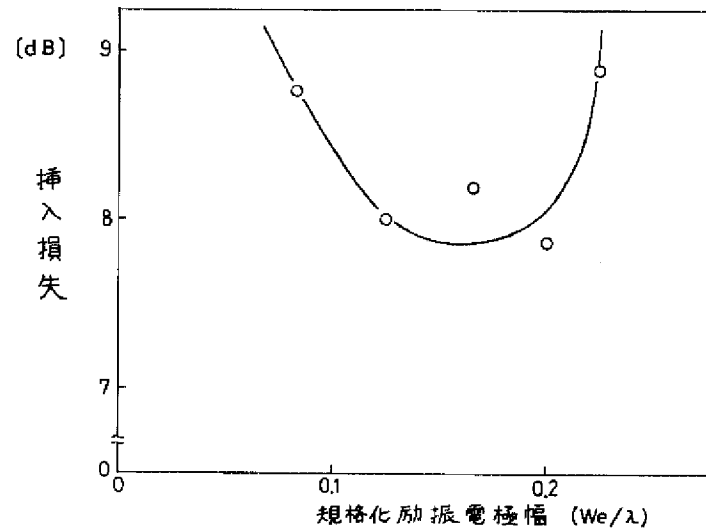
【図13】

この発明の実施例3における
規格化励振電極幅と方向性度との関係図



【図14】

この発明の実施例3における
規格化励振電極幅と挿入損失との関係図



【図16】

内部反射型一方性すだれ電極の構成図

